



EFEK PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP STRUKTURMIKRO (UKURAN BUTIR) DAN KEKERASAN PELAT KOMPOSIT ALUMINIUM 2075-ABU DASAR BATUBARA

Harjo Seputro, Aris Amanuddin

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: harjoseputera@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Dalam aplikasinya komponen harus mempunyai sifat mekanis yang keras, agar komponen tidak mudah rusak dan umur dari komponen tersebut bisa lebih panjang. Kekerasan dipengaruhi oleh struktur mikro yang ada dalam bahan. Dan untuk memperoleh sifat mekanis yang keras maka harus merubah struktur mikro dengan melalui proses perlakuan panas yang diberikan terhadap bahan tersebut. Bahan yang digunakan adalah komposit aluminium 2075 - abu dasar batubara. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *aging* 100°C, 125°C, 150°C dan waktu *aging* 45 menit, 60 menit, dan 75 menit pada perlakuan panas T6 terhadap kekerasan dan struktur mikro. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pengujian dan pengamatan di laboratorium. Dari hasil analisa yang dilakukan, pada rentang temperatur dan waktu *aging* yang diterapkan, bahwa semakin tinggi temperatur dan waktu *aging* kekerasan yang diperoleh semakin tinggi dan ukuran butir yang dihasilkan semakin kecil, hal ini disebabkan oleh jumlah presipitat yang diperoleh semakin banyak sehingga menghambat pertumbuhan butir. Nilai kekerasan terendah terletak pada temperatur *aging* 100°C dengan waktu *aging* 45 menit menghasilkan nilai kekerasan 45HRA. Meningkatnya temperatur *aging* dan waktu *aging* menyebabkan ukuran butir semakin kecil. Butiran terkecil terdapat pada temperatur *aging* 150°C dengan waktu *aging* 75 menit dengan diameter rata-rata 88,714µm. Butiran terbesar terdapat pada temperatur *aging* 100°C dengan waktu *aging* 45 menit dengan diameter rata-rata 137,756µm.

Kata kunci : Aluminium 2075, perlakuan panas T6, *aging*, kekerasan, struktur mikro

I. PENDAHULUAN

Aluminium di kenal sebagai logam yang mempunyai sifat ringan dan tahan korosi, akan tetapi harus di tingkatkan lagi sifat mekanisnya dengan menambahkan bahan lain yang berfungsi sebagai penguat. Dalam aplikasinya komponen harus mempunyai sifat mekanis yang keras, agar komponen tidak mudah rusak dan umur dari komponen tersebut bisa lebih panjang. Kekerasan dipengaruhi oleh struktur mikro yang ada dalam bahan. Dan untuk memperoleh sifat mekanis yang keras maka harus merubah struktur mikro dengan melalui

proses perlakuan panas yang di berikan terhadap bahan tersebut. Menurut (Aditya R. Prabhukhot, Kaushal Prasad, 2015) variasi dalam suhu dan waktu parameter pada perlakuan panas serta suhu dan waktu penuaan menyebabkan perubahan struktur butir dan ukuran butir dan karenanya memainkan peran penting dalam mengubah nilai-nilai kekerasan.

Komposit aluminium 2075 dengan penguat abu dasar batubara yang diproses dengan pengecoran *gravity casting* dan bervariasi temperatur *aging* serta waktu *aging* maka kemungkinan akan terjadi

perubahan stukturmikro dan sifat mekanis pada bahan. Maka kemungkinan bahan komposit dengan temperatur *aging* yang semakin tinggi hingga batas tertentu dan waktu *aging* yang lama pada batas tertentu akan meningkatkan kekerasan bahan.

Dengan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul kaji eksperimen pengaruh variasi temperatur *aging* dan waktu *aging* pada proses perlakuan panas T6 terhadap stukturmikro dan kekerasan komposit aluminium 2075-abu dasar batubara dengan metode *gravity casting*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perlakuan Panas T6 (Heat treatment)

Perlakuan panas ialah proses menguuh struktur logam dengan memanaskan spesimen pada temperatur rekristalisasi dengan waktu tertentu, menggunakan beberapa media pendingin diantaranya seperti temperatur ruang, air, air garam, solar, dan solar masing-masing memiliki kecepatan pendinginan yang berbeda. Salah satu cara perlakuan panas pada logam alumunium menggunakan penuaan keras (*age hardening*). Melalui penuaan tersebut akan didapatkan kekuatan dan kekerasan yang lebih pada logam paduan alumunium. Penuaan keras pada alumunium dibedakan atas penuaan dalam keadaan dingin dan penuaan dalam keadaan panas. Tahapan pada penuaan keras terdiri dari:

1. solution treatment
2. quenching
3. aging

tahap pertama solution treatment (perlakuan panas pelarutan) adalah pemanasan logam alumunium dalam pemanasan dengan temperatur 550°C-560°C serta dilakukan penahanan sesuai jenis dan ukuran benda uji. (Schonmetz, 1990). Pada tahapan ini paduan logam alumunium terjadi pelarutan fasa menjadi larutan padat, dengan tujuan untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen.

Tahap kedua dilakukan pendinginan secara cepat (quenching) dengan mendinginkan logam yang telah dipanaskan ke media pendingin. Pendinginan dilakukan

secara cepat dari temperatur pemanasan (495°C) ke temperatur yang mendekati temperatur ruang, dengan tujuan agar larutan padat yang homogen yang terbentuk pada tahap pertama dan kekosongan atom pada keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya.

Tahap selanjutnya adalah aging (penuaan). Aging merupakan proses merubah sifat logam dengan berjalannya waktu. Penuaan pada logam paduan alumunium terbagi menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*).

Penuaan alami adalah logam paduan alumunium yang diproses dalam keadaan dingin, berlangsung pada temperatur ruang antara 15°C-25°C ditahan selama 5 sampai 8 hari. Penuaan buatan adalah logam paduan alumunium yang diproses dalam keadaan panas, berlangsung antara temperatur 100°C-200°C dan di tahan selama 1 sampai dengan 24 jam. (Schonmetz, 1990)

Penuaan buatan dalam proses *age hardening* dapat dilakukan dengan beberapa variasi perlakuan panas yang dapat mempengaruhi hasil dari proses *age hardening*. Salah satunya adalah variasi temperatur aging. Temperatur aging dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan logam paduan alumunium antara 100°C-200°C. (schonmetz, 1990)

2.2. Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang cepat, sederhana, tidak memerlukan mikroskop, dan relatif tidak merusak spesimen.

Pengujian kekerasan Rockwell dilakukan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) menggunakan suatu indenter. Penekanan indenter pada permukaan benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.

2.3. Strukturmikro

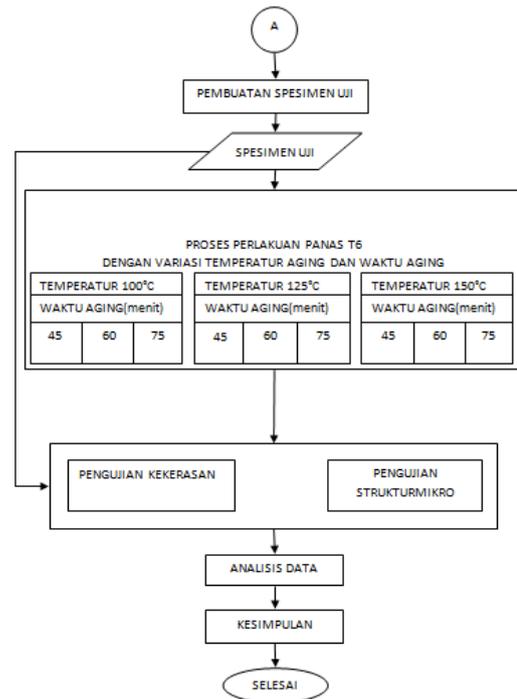
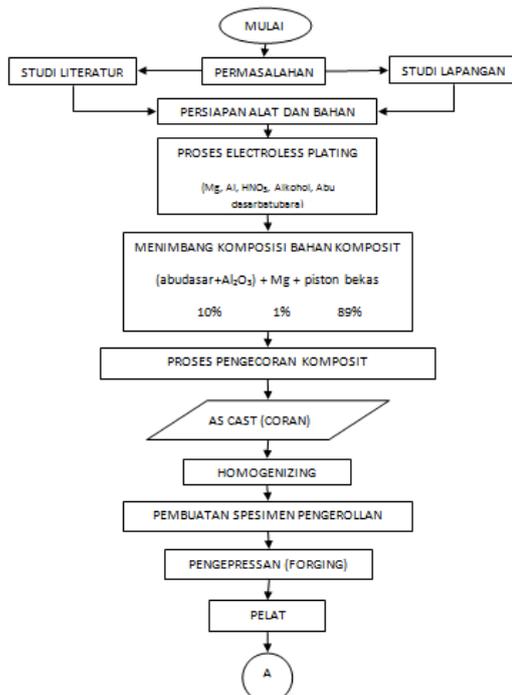
Strukturmikro adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Strukturmikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop metalurgi. Sebelum dilihat dengan mikroskop, permukaan logam harus dibersihkan terlebih dahulu sampai mengkilat, kemudian reaksikan dengan reagen kimia untuk mempermudah pengamatan. Proses ini dinamakan *etching*.

Untuk mengetahui sifat dari suatu logam, dapat kita lihat dari strukturmikro yang ada pada logam tersebut. Setiap logam dengan jenis berbeda memiliki strukturmikro yang berbeda. Dengan melalui diagram fasa, kita dapat meramalkan strukturmikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi dan temperatur tertentu. Dan dari strukturmikro kita dapat melihat :

- a. Ukuran dan bentuk butir
- b. Distribusi fasa yang terdapat dalam material khususnya logam
- c. Kotoran yang terdapat dalam material

Dari strukturmikro kita juga dapat memprediksi sifat mekanik dari suatu material sesuai dengan yang kita inginkan.

III. METODOLOGI PENELITIAN



3.1. Proses pengepressan(Forging)

Setelah proses permesinan sudah sesuai dengan dimensi yang ditentukan, spesimen dilakukan proses pengepressan sampai tebal spesimen berkurang (reduksi 10%). Berikut adalah langkah-langkah proses pengepressan membuat spesimen uji :

1. mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses pengepressan spesimen uji.
2. Membuat ukuran tebal yang telah ditentukan(reduksi 10%).
3. Panaskan pesimen uji yang akan di press sesuai dengan yang diinginkan(100°C).
4. Mengepress spesimen uji yang telah dilakukan proses permesinan sampai ukuran yang telah ditentukan.

3.2. Proses perlakuan panas T6

Langkah sebelum dilakukan proses perlakuan panas T6, spesimen akan terlebih dahulu diberi tanda sesuai dengan variasi temperatur *aging* dan waktu *aging*.

Berikut adalah langkah-langkah proses perlakuan panas T6 :

1. Panaskan (*solution treatment*) spesimen uji
2. Pada temperatur 495°C ditahan selama 2 jam.

3. Didinginkan secara cepat (*quenching*) dengan media pendingin air garam.
4. Setelah itu dipanaskan kembali (*aging*) dengan variasi temperatur 100°C ; 125°C ; 150°C selama 45 menit ; 60 menit ; 75 menit.
5. Kemudian didinginkan kembalidengan temperatur ruang.

3.3. Proses pengujian spesimen

Pengujian kekerasan menggunakan *rockwell*. Pengujian kekerasan Rockwell adalah salah satu pengujian kekerasan yang mulai banyak digunakan karena pengujian kekerasan Rockwell yang sederhana, cepat, tidak membutuhkan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak. Pengujian kekerasan *rockwell A* dengan standar pengujian ASTM E18-15 dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur aging dan waktu aging terhadapkekerasan spesimen.

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini dilakukan dengan uji kekerasan *rockwell*. Pengujian kekerasan *rockwell* yang akan digunakan adalah *Rockwell A* maka yang digunakan adalah *indentordiamond cone indentorkerucut* intan dengan besar sudut 120° dan beban uji 60 kgf.

Berikut adalah langkah-langkah pengujian kekerasan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Siapkan permukaan spesimen uji :
 - a. Ratakan kedua permukaan spesimen uji menggunakan kikir dan amplas kasar, sehingga kedua bidang permukaan tersebut sejajar.
 - b. Haluskan permukaan spesimen uji menggunakan amplas.
2. Siapkan perangkat uji kekerasan *RockwellA* :
 - a. Memasang bandul beban 60 kg
 - b. Memasang indenter kerucutintan dengan besar sudut 120°.
 - c. Letakkan spesimen uji padalandakan.
 - d. Handel diatur pada posisi ke depan.

3. Sentuhkan spesimen uji pada indentordengan memutar piringan searah jarum jam pada skala berputar 2½ kali sehingga jarum kecil menunjuk pada titik merah. Jika terasa berat, jangan dipaksakan tetapi harus diputar balik dan diulangi,tepatkan jarum besar pada huruf C.
4. Tarik handel loading ke belakang. Biarkan handel Unloading bergerak sendiri ke belakang. Jarum besar pada skala akan bergerak seiring dengan Bergeraknya handel ke bawah. Tunggu hingga jarum besar pada skala dan handel unloading berhenti dengan sendirinya.
5. Tunggu selama 5 detik dari saat berhentinya jarum, kemudian gerakkan handel loading ke depan sampai maksimal. Dengan kembalinya handel ke depan, jarum ikut berputar searah putaran jarum jam sampai akhirnya berhenti.
6. Baca harga kekerasan HRA pada saat jarum telah berhenti. Bacalah pada skala A yang berwarna hitam.

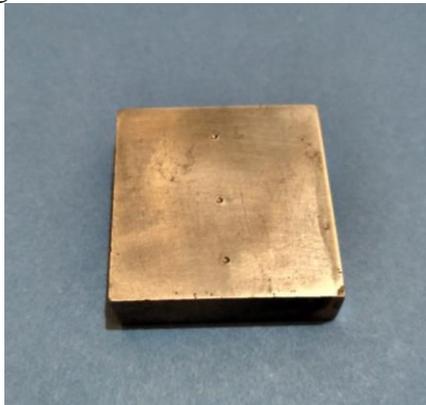
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1 Kodefikasi Spesimen

Temperatur Aging	100°C	125°C	150°C
Waktu Aging			
45 menit	A1	B1	C1
60 menit	A2	B2	C2
75 menit	A3	B3	C3

Kekerasan

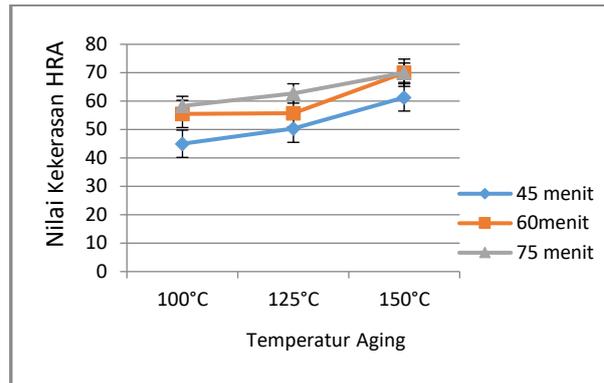
Hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan mesin rockwell.



Gambar 4.1 Spesimen (benda uji) kekerasan

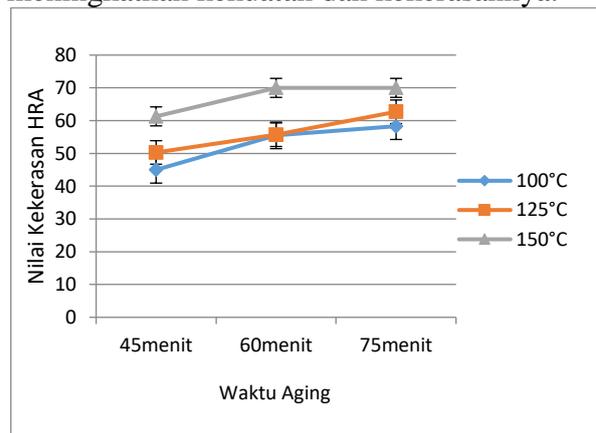
Tabel 4.2 hasil pengujian kekerasan rockwell

No.	Kodefikasi Spesimen	No.Titik	Nilai Kekerasan (HRA)	Rata-Rata (HRA)
1.	Sebelum T6	1	33	32.8
		2	34,5	
		3	31	
2	C1	1	60,5	61.3
		2	63	
		3	60,5	
3	A2	1	57	55,5
		2	55	
		3	54,5	
4	A1	1	42	45
		2	49	
		3	44	
5	B2	1	51.5	55.7
		2	56.5	
		3	59	
6	B3	1	60	62,7
		2	62,5	
		3	65,5	
7	C2	1	69,5	70
		2	70	
		3	70,5	
8	A3	1	60,5	58,3
		2	56	
		3	58,5	
9	B1	1	51	50,3
		2	49	
		3	51	
10.	C3	1	73	70
		2	70	
		3	67	



Gambar 4.2 Grafik hasil nilai kekerasan dengan variasi temperatur *aging* terhadap kekerasan.

Dari gambar 4.12 adalah hasil dari nilai kekerasan spesimen setelah diberi perlakuan panas T6. Nilai tertinggi terdapat pada temperatur *aging* 150°C dengan nilai kekerasan 73,5 HRA dan nilai kekerasan terendah terldapat pada temperatur *aging* 100°C dengan nilai kekerasan 45 HRA. Nilai kekerasan spesimen sebelum diberikan perlakuan panas T6 adalah 32,8 HRA. Semakin tinggi temperatur *aging* nilai kekerasan juga ikut meningkat. Karena pada saat melakukan variasi temperatur *aging* dan waktu *aging* terjadi perubahan berupa presipitasi(pengendapan) fase kedua yang dimulai dengan proses nukleasi dan timbulnya klaster atom yang menjadi awal dari presipitat. Presipitat ini dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya.



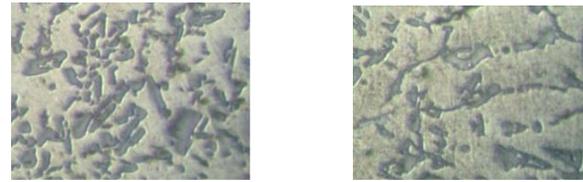
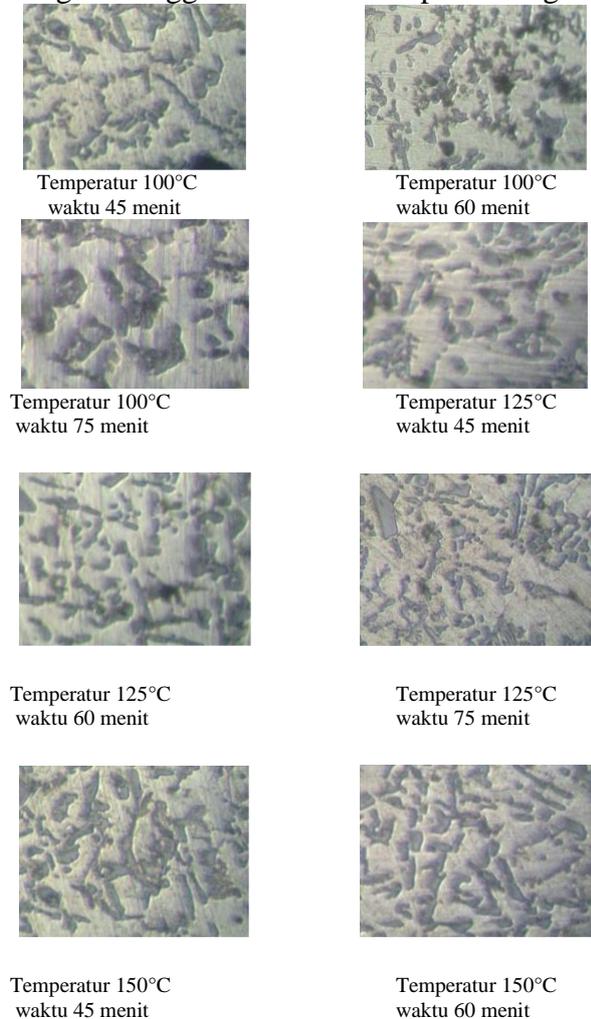
Gambar 4.3 Grafik hasil nilai kekerasan dengan variasi waktu *aging* terhadap kekerasan.

Dari gambar di atas adalah hasil dari nilai kekerasan spesimen setelah diberi perlakuan panas T6. Nilai tertinggi terdapat pada waktu *aging* 75 menit dengan nilai kekerasan 73,5

HRA dan nilai kekerasan terendah terdapat pada waktu *aging* 45 menit dengan nilai kekerasan 45 HRA. Nilai kekerasan spesimen sebelum diberikan perlakuan panas T6 adalah 32,8 HRA. Semakin lama waktu *aging*, nilai kekerasan juga ikut meningkat. Peningkatan kekerasan disebabkan oleh pembentukan presipitat yang berinteraksi dengan gerakan dislokasi. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa kekerasan meningkat dengan bertambahnya temperatur *aging* dan waktu *aging* hingga batas tertentu. (S.Illangovan dkk, 2014). Hal tersebut menyebabkan ukuran butir menjadi lebih kecil.

Struktur mikro

Hasil pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop metalurgi.

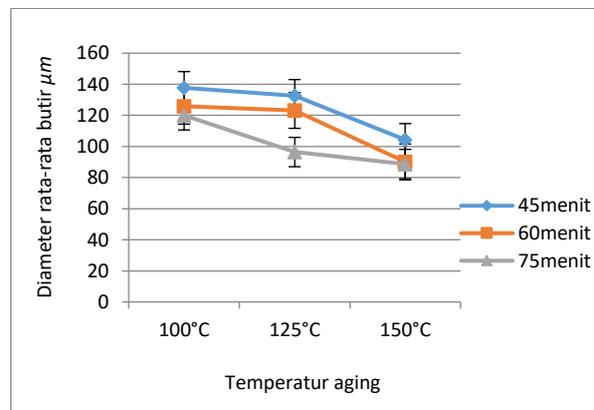


Temperatur 150°C waktu 75 menit

Sebelum T6

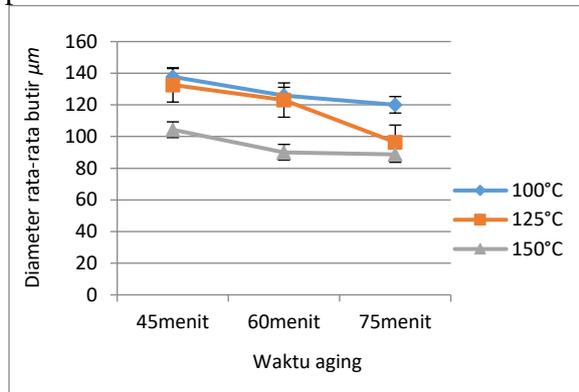
Tabel 4.3 Hasil perhitungan ukuran butir strukturmikro dengan menggunakan metode planimetric.

No .	Kodefikasi spesimen	Ukuran butir μm
1	Sebelum T6	196,6
2	A1	137,756
3	A2	125,91
4	A3	120,06
5	B1	132,616
6	B2	123,202
7	B3	96,43
8	C1	104,318
9	C2	90,072
10	C3	88,714



Gambar 4.4. Pengaruh variasi temperatur *aging* terhadap ukuran butir strukturmikro. Dari gambar di atas adalah hasil dari ukuran butir strukturmikro spesimen setelah diberi perlakuan panas T6. Butiran terbesar terletak pada temperatur *aging* 100°C waktu *aging* 45 menit dengan diameter rata-rata 137,756 μm dan diameter butiran terkecil terletak pada temperatur *aging* 150°C waktu *aging* 75 menit dengan diameter rata-rata 88,714 μm . Diameter butiran sebelum diberikan perlakuan panas T6 adalah 196,6 μm . Semakin meningkat temperatur, diameter rata-rata butiran semakin kecil dan

berpengaruh terhadap kekerasan. Semakin tingginya temperatur presipitat yang keluar semakin banyak sehingga menghambat pertumbuhan butir.



Gambar 4.5. Pengaruh variasi waktu *aging* terhadap ukuran butir strukturmikro.

Dari gambar di atas adalah hasil dari ukuran butir strukturmikro spesimen setelah diberi perlakuan panas T6. Butiran terbesar terletak pada waktu *aging* 45 menit temperatur *aging* 100°C dengan diameter rata-rata 137,756 µm dan diameter butiran terkecil terletak pada temperatur waktu *aging* 75 menit temperatur *aging* 150°C dengan diameter rata-rata 88,714 µm. Diameter butiran sebelum diberikan perlakuan panas T6 adalah 196,6 µm. Semakin lama waktu penuaan, diameter rata-rata butiran semakin kecil dan berpengaruh terhadap kekerasan. Semakin lama waktu penuaan presipitat yang keluar semakin banyak sehingga menghambat pertumbuhan butir. Jika terlalu lama waktu penuaan maka butiran-butiran kecil tersebut jadi mengumpul dan dapat menyebabkan turunnya nilai kekerasan.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang pengaruh variasi temperatur *aging* dan waktu *aging* terhadap sifat mekanik dan strukturmikro dari komposit aluminium 2075 – abu dasar batubara.

1. Pengaruh temperatur *aging* dan waktu *aging* terhadap kekerasan adalah sebagai berikut :
 - a. Semakin tinggi temperatur *aging* nilai kekerasan juga semakin tinggi. Karena terjadi perubahan berupa presipitasi (pengendapan) fase kedua yang dimulai dengan proses nukleasi

dan timbulnya klaster atom yang menjadi awal dari presipitat. Presipitat ini dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Nilai kekerasan tertinggi terletak pada temperatur *aging* 150°C dengan waktu *aging* 75 menit menghasilkan nilai kekerasan 70HRA. Nilai kekerasan terendah terletak pada temperatur *aging* 100°C dengan waktu *aging* 45 menit menghasilkan nilai kekerasan 45HRA.

- b. Semakin lama waktu *aging* nilai kekerasan semakin meningkat. Karena Peningkatan kekerasan disebabkan oleh pembentukan presipitat yang berinteraksi dengan gerakan dislokasi. Nilai kekerasan tertinggi terletak pada waktu *aging* 75 menit dengan temperatur 150°C menghasilkan nilai kekerasan 70HRA. Nilai kekerasan terendah terletak pada waktu *aging* 45 menit dengan temperatur *aging* 100°C nilai kekerasan 45HRA.
2. Pengaruh temperatur *aging* dan waktu *aging* terhadap strukturmikro adalah sebagai berikut :
 - a. Semakin tinggi temperatur *aging* diameter rata-rata butir semakin kecil. Karena semakin tinggi temperatur presipitat yang keluar semakin banyak sehingga menghambat pertumbuhan butir. Butiran terkecil terdapat pada temperatur *aging* 150°C dengan waktu *aging* 75 menit dengan diameter rata-rata 88,714 µm. Butiran terbesar terdapat pada temperatur *aging* 100°C dengan waktu *aging* 45 menit dengan diameter rata-rata 137,756 µm.
 - b. Semakin lama waktu *aging* maka ukuran butir semakin kecil. Karena semakin lama waktu *aging* presipitat yang keluar semakin banyak. Tetapi jika terlalu lama besar terdapat pada presipitat tersebut mengumpul dan menyebabkan turunnya nilai kekerasan. Butiran terkecil terdapat pada waktu *aging* 75 menit dengan temperatur *aging* 150°C dengan diameter rata-rata 88,714 µm. Butiran terbesar terdapat pada waktu *aging* 45

menit dengan temperatur aging 100°C dengan diameter rata-rata 137,756µm.

REFERENSI

- ASTM E18-15. “Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials”
- ASTM E112-10. “Standard Test Method for Determining Average Grain Size”
- Abdulrahim M., dan Seputro H. 2016. *Microstructure And Interface Bottom Ash Reinforced Aluminum Metal Matrix Composite*. Springer Proceeding in Physic 175 (2016) 363-370.
- Seputro H., I.Made Kastiawan, dan Gatut Priyo Utomo. 2017. *Termal Properties of As-Cast Bottom Ash Reinforced Aluminum Metal Matrix Composite*. Springer Proceedings in Physics 193 (2017) 253-265
- Seputro H., Ismail, Ivan A.Parinov, Shun-Hsyung Chang. 2017. *Superplasticity of Bottom Ash Reinforced Aluminum Metal Matrix composite*. Physics and Mechanics of New Materials and their Applications (PHENMA 2017) . (2017) 76
- Seputro H., Ismail, S.-H. Chang. 2018. *Superplasticity of Bottom Ash Reinforced Aluminum Metal Matrix Composite*. Material Physics and Mechanics, Vol.37,No.2, pp 205-211
- Seputro H., Eko Surojo, Dody Ariawan, Ivan A Parinov, Shun-Hsyung Chang. 2018. *Corrosion Behaviour of Bottom Ash Particle Reinforced 6061 Aluminum Alloy Production by Squeeze Casting for Bolts an Nuts Applications*. Physics and Mechanics of New Materials and their Applications (PHENMA 2018). (2018) 152-153
- Prabhukhot Aditya R., Prasad Kaushal (2015). *Effect Of Heat Treatment On Hardness Of 6082-T6 Aluminium Alloy*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6.
- Ilangovan.S., Srikanthan.R., V.Veda. G. (2014). *Effects Of Aging Time On Mechanical Properties Of Sand Cast Al-4.5cu Alloy*. International Journal of Research in Engineering and Technology.
- Polat Aytakin, Mustafa Avsar, Fahrettin Ozturk. (2015). *Effects Of The Artificial-Aging Temperature And Time On The Mechanical Properties And Springback Behavior Of Aa6061*. Materials and technology 49 (2015) 4, 487–493.
- Chacko Melby., Jagannath Nayak.(2014). *Aging Behaviour of 6061 Al-15 Vol% Sic Composite In T4 And T6 Treatment*. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Materials and Metallurgical Engineering Vol:8, No:3, 2014.
- Gadpale Vikas, Pragya N. Banjare, Manoranjan Kumar Manoj. (2018). *Effect Of Ageing Time And Temperature On Corrosion Behaviour Of Aluminium Alloy 2014*. Materials Science and Engineering 338 (2018).
- A.-Q Wang, H.-D. Guo, H.-H. Han, and J.-P. Xie (2017). *Effect Of Solid Solution And Ageing Treatment Onthe Microstructure And Mechanical Properties Of Thesicp/Al-Si-Cu-Mg Composite*.
- Hossain. A., A. S. W. Kurny. (2013). *Effect Of Ageing Temperature On The Mechanical Properties Of Al-6si-0.5mg Cast Alloys With Cu Additions Treated By T6 Heat Treatment*. Universal Journal of Materials Science 1(1): 1-5, 2013.
- Sharear Kabir Mohammad, Tamzid Ibn Minhaj, Ehsan Ahmed Ashrafi, Md Moinul Islam. (2014). *The Influence Of Ageing Time And Temperature On The Structure And Properties Of Heat Treated A201.0 Aluminum Alloy*. International Journal of Recent

- Technology and Engineering (IJRTE)
ISSN: 2277-3878, Volume-3.
- Umaru. O. B., M. Abdulwahab, N. M. Hafsat, H. Maidawa, A. O. Murtada and T. M. Suleiman. (2016). *Influence Of A Low Temperature Ageing On The Properties Of Al-6.5%Si-0.35%Mg Alloy*. Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH) Vol. 35, No. 3
- Yamanoglu Ridvan, Erdem Karakulak, Adalet Zeren, Muzaffer Zeren. (2013). *Effect Of Heat Treatment On The Tribological Properties Of Al-Cu-Mg/nanoSiC Composites*. Materials and Design 49 (2013) 820–825.
- Geetha. B., K. Ganesan. (2015). *The Effects Of Ageing Temperature And Time On Mechanical Properties Of A356 Aluminium Cast Alloy With Red Mud Addition And Treated By T6 Heat Treatment*. Materials Today: Proceedings 2 (2015) 1200 – 1209.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. *Pengetahuan Bahan Teknik* (ed.kedua). Jakarta: Pradnya Paramita, 1992.
- Smith, F. William. *Material Science and engineering*. (Second Ed.). New York: Mc Graw-Hill Inc, 1995.