



**STRUKTUR MIKRO BAHAN PROPELLER DARI KOMPOSIT
ALUMINIUM 6061-ALUMINIUM OXIDE DENGAN
METODE SQUEEZE CASTING**

Edi Santoso, Muhammad Faizin Aswanto, Achmad Rigi Santoso

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

ABSTRAK

The composite is a combination of two or more materials that form a bond, in which each material has different elements and forms a new material. One way to improve the mechanical properties of composite materials is by heat treatment T6 consisting of three stages: 1. Solution treatment, 2. Quenching, 3. Artificial aging. The purpose of this study is as a comparison between the influence of type variations and temperature of cooling media to the change of shape, dimensions, distribution of hardness and microstructure after and before T6 process of composite material aluminum 6061-aluminum oxide by squeeze casting method. In the process of T6 is done solution heat treatment at temperature 530°C for 2 hours and aging at temperature 180 °C for 2 hours. Specimen 9 with variations of coolant media type (water, brine, and oil SAE 40) and variations of coolant media temperature (room temperature, 70°C, dan 110°C). From the result of measurement and testing conducted show that, changes in shape and dimensions are irregular due to non-uniform cooling rates. The value of hardness increases after the heat treatment process and the value of hardness that exist in the variation of the type and temperature of irregular cooling media, because it is influenced by the internal condition of the material. XRD microstructure testing showed that all specimens in the compound candidate (Al, MgO, Si, and O) had a percentage value and the compound formed differently. But the MgO compound affects changes in shape and dimension, If the value of MgO percentage is low then the change of shape and dimension has the biggest difference value. While the MgO is high then the change of shape and dimension has the smallest difference value

Keywords: *aluminium 6061-aluminum oxide composites, heat treatment, quenching, shape and dimensions (CMM), rockwell B hardness, XRD microstructure.*

PENDAHULUAN

Komposit adalah gabungan dua material atau lebih yang membentuk suatu ikatan, dimana masing-masing materialnya mempunyai unsur yang berbeda dan membentuk sebuah material baru. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanik material komposit yaitu dengan cara diberi perlakuan panas T6 yang terdiri dari tiga

tahap : 1. Solusi pemanasan (*solution treatment*), 2. Pendinginan cepat (*quenching*), 3. Penuaan buatan (*artificial aging*). Diharapkan proses perlakuan panas T6 dapat dipertimbangkan sebagai alternatif untuk merubah struktur mikro dan meningkatkan sifat mekanik material komposit, sehingga dapat memperoleh sifat atau karakteristik yang maksimum dan mampu membuat

terobosan atau inovasi baru dalam perancangan sebuah material.

Penelitian menurut (R. Rufin, dkk, 2015) menunjukkan bahwa komposit Al6061/Al₂O₃ dengan presentasi berat fraksi yang berbeda (6wt%, 9wt%, dan 15wt%) kekerasan bahan komposit meningkat dengan semakin meningkatnya presentasi berat fraksi dan perlakuan panas juga dapat membantu memperbaiki kekerasan. Penelitian oleh (Isadare Adeyemi, dkk, 2013) juga menunjukkan perlakuan panas pada Al7075 dapat menghilangkan pembentukan tidak homogen (mikrosegregasi) dan secara signifikan memperbaiki sifat mekanik kekuatan luluh, kekuatan tarik dan nilai kekerasan. Peneliti lain (Bharathesh. T, dkk, 2013) juga mengatakan bahwa komposit Al6061/TiO₂ dengan berat fraksi (4wt%, 6wt%, dan 8wt%) semakin meningkatnya presentasi berat fraksi kekerasan mikro juga semakin meningkat.

Hambatan juga sering dihadapi pada proses perlakuan panas, selain dapat membantu meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi perlakuan panas T6 juga memberi dampak yang sangat signifikan bagi spesimen uji. Adanya proses perlakuan panas dengan pendinginan cepat (*quenching*) dapat menimbulkan tegangan stress yang mampu membuat spesimen uji mengalami perubahan bentuk dan dimensi (distorsi). Menurut (Robinson. J, dkk, 2012) *quenching* dapat membuat kerugian besar pada aluminium timbulnya tegangan sisa dapat menyebabkan perubahan bentuk (distorsi). Penelitian lain yang dilakukan oleh (Rahman. K & Benal. M, 2012) menunjukkan bahwa komposit aluminium 7075-SiC perubahan bentuk dan dimensi (distorsi) terjadi akibat adanya koefisien ekspansi termal yang ditimbulkan karena adanya proses pendinginan secara cepat (*quenching*) dan pemanasan kembali (penuaan).

Disamping itu pendinginan cepat (*quenching*) juga dapat menimbulkan distorsi karena adanya jenis dan temperatur pendingin yang berbeda. Jenis dan temperatur pendingin yang berbeda sangat mempengaruhi *hardenability* suatu material

yang menyebabkan terjadinya distorsi. Penelitian yang dilakukan oleh (Zhang Yuxun, dkk, 2016) meneliti bahwa media pendingin air dengan variasi temperatur (20°C, 70°C, 100°C) tingkat pendinginan yang lebih rendah mengurangi tegangan sisa sehingga perubahan bentuk (distorsi) juga terjadi pengurangan. Peneliti lain (He Tianbing, dkk, 2016) juga mengatakan media pendingin air dan 20% polietilen glikol (PEG) komposit SiCp/2009 dengan dimensi spesimen (200mmx100mmx2mm) bahwa media pendingin (air) spesimen mengalami perubahan bentuk (distorsi) yang serius karena timbulnya tegangan termal dan media pendingin (PEG) spesimen masih kelihatan datar.

Dari latar belakang diatas maka penulis ingin meneliti pengaruh variasi jenis dan temperatur media pendingin pada proses T6 terhadap perubahan bentuk, dimensi, distribusi kekerasan dan struktur mikro bahan *propeller* dari komposit aluminium 6061-aluminium oxide dengan metode *squeeze casting*.

PROSEDUR EKSPERIMEN





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi proses *electroless plating* : (*aluminium oxide*, aluminium murni, magnesium, HNO_3), proses pengecoran : (*aluminium oxide terelectroless plating*, magnesium, aluminium 6061), proses permesinan : (coran komposit $\text{Al6061}/\text{Al}_2\text{O}_3$), proses perlakuan panas T6 : (spesimen uji, air PDAM, garam, oli SAE 40). Peralatan yang digunakan antara lain proses *electroless plating* : (gelas *erlenmayer* 500ml, gelas beaker 500ml, gelas ukur 100ml, spatula kaca, sendok spatula stainless, termometer, *magnetic stirrer*, kompor *magnetic*, timbangan, neraca digital, lemari asam, oven, cawan penguapan, kain pembersih), proses pengecoran : (timbangan, neraca digital, tungku pelebur, kowi, *burner*, *thermocouple*, tangki solar, *stopwatch*, pengaduk, penjepit alat penuang, cetok, sarung tangan, cetakan *squeeze casting*), proses permesinan : (gergaji besi, ragam, kikir, jangka sorong, mesin frais, amplas), proses perlakuan panas T6 : (panci, kompor,

gas, wadah pendinginan, termometer, gelas ukur, oven).

Proses Electroless Plating

Berikut adalah langkah-langkah proses *electroless plating* pada *aluminium oxide* :

1. Menimbang massa komposisi bahan seperti : *aluminium oxide* (120gr), aluminium murni (1,5gr) dan magnesium (0,3gr) harus sesuai dengan kapasitas gelas *erlenmayer* dan pengaduk *magnetic stirrer*.
2. Menakar larutan HNO_3 konsentrasi 65% sebanyak 120ml.
3. Proses *electroless plating* :
 - a. Campurkan *aluminium oxide*, aluminium murni dan HNO_3 konsentrasi 65% yang sudah ditimbang/ditakar, kedalam gelas *erlenmayer* secara berurutan.
 - b. Nyalakan pemanas kompor *magnetic*.
 - c. Letakkan diatas kompor *magnetic* dan atur sampai temperatur 100°C.
 - d. Diaduk sampai merata selama 5 menit dengan menggunakan *magnetic stirrer*.
 - e. Masukkan magnesium secara perlahan sambil diaduk selama 1 jam sampai larutan agak mengering dengan temperatur 100°C.

Proses Pengecoran

Berikut adalah langkah-langkah proses pengecoran dengan metode *squeeze casting* :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses pengecoran.
2. Menyalakan *burner* untuk proses pemanasan.
3. Masukkan aluminium 6061 kedalam kowi peleburan.
4. Panaskan aluminium 6061 kedalam tungku pelebur sampai titik cair 660°C.
5. Setelah sampai temperatur 660°C, tambahkan *aluminium oxide* yang sudah *dielectroless plating* (MgAl_2O_4) dan magnesium kedalam aluminium 6061 yang sudah cair secara perlahan dengan komposisi massa bahan yang sudah disiapkan sebelumnya sambil diaduk secara merata.

6. Sebelum cairan dituangkan kedalam cetakan, panaskan cetakan terlebih dahulu agar tidak terjadi *porosity* pada logam yang akan dituangkan.
7. Setelah temperatur mencapai 700°C tuang logam cair kedalam cetakan.
8. Tunggu cairan yang sudah dituang kedalam cetakan sampai semi padat dengan waktu 45 detik.
9. Kemudian diberi tekanan dengan beban 15kg dan ditahan selama 90 detik.
10. Setelah membentuk spesimen yang padat cetakan dilepas dan didinginkan pada suhu kamar.
11. Dilakukan secara bertahap.

Preparasi Spesimen Uji

Berikut adalah tahap preparasi, tahap dimana sebelum pengujian dilakukan :

1. Menentukan dimensi sampel, sesuai informasi yang didapat yaitu bervariasi antara 5-30mm.
2. Proses pemotongan untuk membuat sampel sesuai dimensi yang sudah ditentukan.
3. Amplas kasar, digunakan untuk menghaluskan permukaan yang tergores cukup dalam pada proses pemotongan adapun amplas kasar memiliki ukuran 100-800 mesh.
4. Amplas halus, digunakan untuk melanjutkan menghaluskan permukaan yang dihaluskan dari amplas kasar, adapun amplas halus memiliki ukuran 1000-5000 mesh.

Proses Perlakuan Panas T6

Proses perlakuan panas T6 dilakukan di Laboratorium pangan Teknologi Industri Pertanian Politeknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Variasi penelitian meliputi : media pendingin (air, air garam (10% garam), oli SAE 40) dan temperatur media pendingin (Suhu kamar, 70°C, dan 110°C).

Tabel 1. Pengkodean spesimen uji menurut variasi jenis dan temperatur media pendingin.

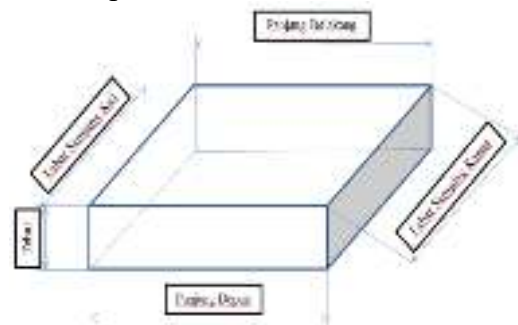
	Media		
pendingin	Air (1)	Air garam (2)	Oli SAE 40 (3)
Temperatur Pendingin			
Temperatur suhu kamar (A)	A1	A2	A3
Temperatur 70°C (B)	B1	B2	B3
Temperatur 110°C (C)	C1	C2	C3

Berikut adalah langkah-langkah proses perlakuan panas T6 :

1. Panaskan (*solution treatment*) spesimen uji (Al6061/Al₂O₃) sampai pada temperatur 530°C.
2. Ditahan pada temperatur 530°C selama 2 jam.
3. Didinginkan secara cepat (*quenching*) dengan variasi media pendingin : air, air garam, dan oli SAE 40 dengan temperatur yang berbeda : suhu kamar, 70°C dan 110°C.
4. Setelah itu dipanaskan kembali (*aging*) sampai temperatur 180°C selama 2 jam.
5. Kemudian didinginkan secara normal sampai temperatur kamar kembali.

Pengukuran CMM

Pengukuran CMM dilakukan di PT. ATMI IGI CENTER Surakarta. Pengukuran CMM bertujuan untuk mengetahui perubahan bentuk dan dimensi sebelum dan sesudah perlakuan panas T6. Berikut adalah skema pengukuran perubahan bentuk dan dimensi (CMM), sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 :



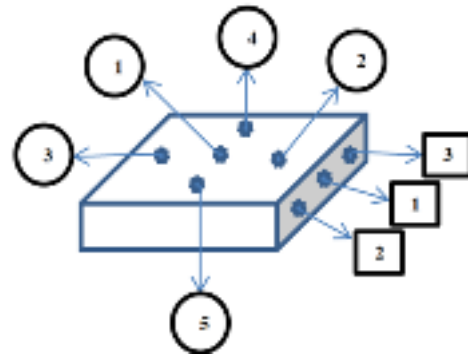
Gambar 2. Skema Pengukuran CMM

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Jenis pengujian kekerasan yang digunakan adalah *rockwell B*. Berikut adalah langkah-langkah pengujian kekerasan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Siapkan spesimen uji
2. Siapkan perangkat uji kekerasan *Rockwell B* :
 - a. Memasang bandul beban 100kg (981 N).
 - b. Memasang indenter bola baja berdiameter $\frac{1}{16}$ inchi.
 - c. Memasang spesimen uji pada landasan
 - d. Handel diatur pada posisi ke atas.
3. Sentuhkan spesimen uji pada indenter dengan memutar piringan searah jarum jam sampai jarum besar pada skala berputar $2\frac{1}{2}$ kali sehingga jarum besar menunjuk angka nol dan jarum kecil menunjuk pada angka 3. Jika terasa berat, jangan dipaksakan tetapi harus diputar balik dan diulangi.
4. Lepaskan handel kedepan secara perlahan-lahan. Jangan menekan handel ke bawah, tetapi biarkanlah handel bergerak sendiri turun ke bawah. Jarum besar pada skala akan bergerak seiring dengan turunnya handel ke bawah. Tunggu hingga jarum besar pada skala berhenti dengan sendirinya.
5. Tunggu selama 30 detik dari saat berhentinya jarum, kemudian gerakkan handel ke atas secara perlahan-lahan sampai maksimal. Dengan naiknya handel, jarum ikut berputar searah putaran jarum jam sampai akhirnya berhenti.
6. Baca harga kekerasan HRB pada saat jarum telah berhenti. Bacalah pada skala B yang berwarna merah.

Berikut ini skema pengujian kekerasan *Rockwell B*, Sebelum dan sesudah perlakuan panas T6:



Gambar 3. Skema pengujian kekerasan *Rockwell B*

❖ Keterangan :

- ⇒ Permukaan atas
1. Tengah
 2. Kanan
 3. Kiri
 4. Atas
 5. Bawah
- ⇒ Permukaan samping Kanan
1. Tengah
 2. Atas
 3. Bawah

Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang. Pengujian struktur mikro yang digunakan adalah pengujian struktur mikro XRD. Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian struktur mikro XRD yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Bahan yang akan dianalisa (sample) Ukuran harus tepat dan jenis bahan harus yang bisa di ukur dengan XRD.
2. Nyalakan komputer dan monitor untuk control XRD (nyalakan mesin XRD). Periksa apakah knops dan KV control XRD yang berada pada XRD.
 - a. Pilih New kemudian individual analisa dan biarkan proses inialisasi berjalan. Jika proses inialisasi gagal maka klik cancel dan ulangi lagi.
3. Sesuaikan parameter pada XRD sesuai dengan yang diinginkan.
4. Tunggu sampai proses analisa (scan) selesai. Setelah proses analisa selesai maka akan didapatkan data berupa grafis

dengan puncak-puncaknya. Dari grafis itu fokuskan analisa pada puncak yang paling dominan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran CMM

Berikut ini adalah hasil dari perubahan bentuk dan dimensi (CMM), sebelum dan sesudah perlakuan panas T6:

Kode Spesimen	Parameter	Selisih Ukuran
A1	Panjang Depan	0.624
	Panjang Belakang	0.632
	Lebar Samping Kanan	0.422
	Lebar Samping Kiri	0.176
	Tebal	0.055
A2	Panjang Depan	0.619
	Panjang Belakang	0.609
	Lebar Samping Kanan	0.283
	Lebar Samping Kiri	0.262
	Tebal	0.239
A3	Panjang Depan	0.29
	Panjang Belakang	0.294
	Lebar Samping Kanan	0.254
	Lebar Samping Kiri	-0.145
	Tebal	0.132
B1	Panjang Depan	0.252
	Panjang Belakang	0.257
	Lebar Samping Kanan	0.11
	Lebar Samping Kiri	-0.113
	Tebal	0.081
B2	Panjang Depan	0.496
	Panjang Belakang	0.481
	Lebar Samping Kanan	0.598
	Lebar Samping Kiri	0.509
	Tebal	0.235
B3	Panjang Depan	0.466
	Panjang Belakang	0.466
	Lebar Samping Kanan	0.014
	Lebar Samping Kiri	-0.146
	Tebal	0.099

C1	Panjang Depan	0.306
	Panjang Belakang	0.289
	Lebar Samping Kanan	0.229
	Lebar Samping Kiri	0.057
	Tebal	0.105
C2	Panjang Depan	-0.375
	Panjang Belakang	-0.267
	Lebar Samping Kanan	-0.195
	Lebar Samping Kiri	-0.311
	Tebal	0.242
C3	Panjang Depan	0.179
	Panjang Belakang	0.149
	Lebar Samping Kanan	-0.298
	Lebar Samping Kiri	-0.469
	Tebal	-0.094

Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell B

Berikut adalah hasil pengujian kekerasan *Rockwell B*, sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 permukaan atas :

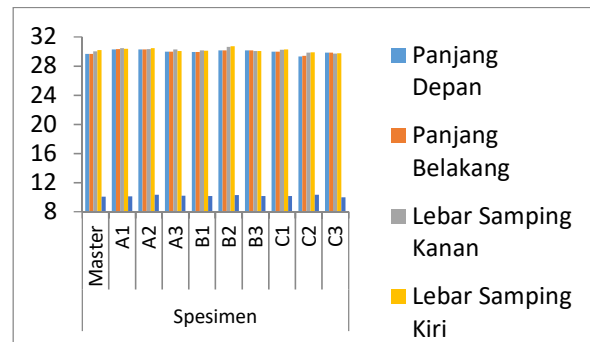
Tabel 3. Perbandingan nilai kekerasan rata-rata permukaan atas spesimen sebelum (tanpa perlakuan) dan sesudah perlakuan panas T6.

Temperatur Pendingin	Media pendingin			
	Tanpa Perlakuan	Air	Air Garam	Oli SAE 40
Tanpa Perlakuan	47.4	0	0	0
Suhu Kamar	0	63.2	61.7	63.9
70°C	0	63	60.7	61.3
110°C	0	61.4	66	62.4

Berikut adalah hasil pengujian kekerasan *Rockwell B*, sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 permukaan samping kanan :

Tabel 4. Perbandingan nilai kekerasan rata-rata permukaan samping kanan spesimen sebelum (tanpa perlakuan) dan sesudah perlakuan panas T6.

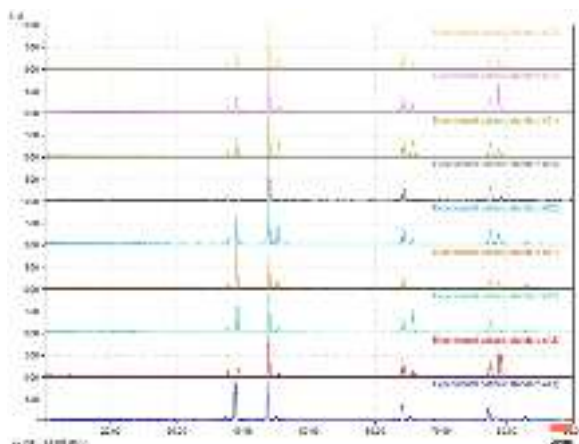
Temperatur Pendingin	Media pendingin			
	Tanpa Perlakuan	Air	Air Garam	Oli SAE 40
Tanpa Perlakuan	46.7	0	0	0
Suhu Kamar	0	64	66.16	67.83
70°C	0	67.16	65.66	60
110°C	0	56	64.83	62.83



Gambar 5. Diagram pengukuran nilai selisih perubahan bentuk dan dimensi (CMM), sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 semua spesimen.

Hasil Pengujian Struktur Mikro XRD

Berikut adalah hasil pengujian struktur mikro XRD sesudah perlakuan panas T6 :



Gambar 4. Grafik perbandingan pengujian struktur mikro XRD semua spesimen.

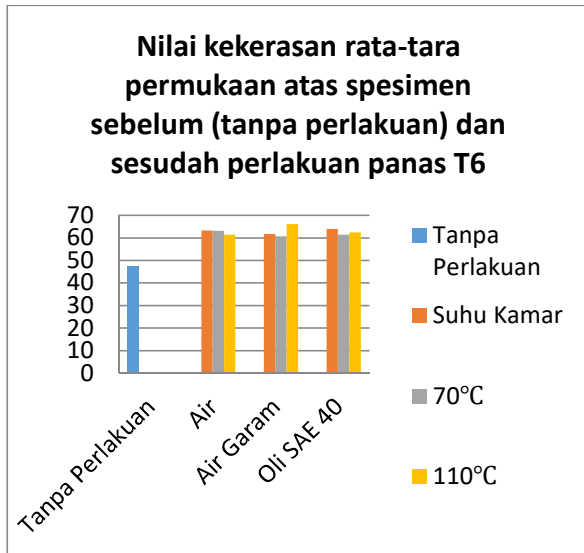
Pembahasan Pengukuran CMM

Pengukuran CMM bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jenis dan temperatur media pendingin terhadap perubahan bentuk dan dimensi sebelum dan sesudah perlakuan panas T6.

Dari Tabel 2. dan Gambar 5. diatas menunjukkan bahwa perubahan bentuk dan dimensi tidak beraturan karena terjadinya pemuaihan dan penyusutan pada spesimen, yang disebabkan oleh laju pendinginan yang tidak seragam pada proses perlakuan panas T6. Akan tetapi Tabel 1. juga menunjukkan bahwa spesimen A1 media air dan temperatur pendingin suhu kamar pada panjang bagian belakang mengalami perubahan bentuk yang paling besar 0.632mm, sedangkan spesimen B3 media pendingin oli SAE 40 dan temperatur pendingin 70°C pada lebar bagian samping kanan mengalami perubahan bentuk yang paling kecil 0.014mm.

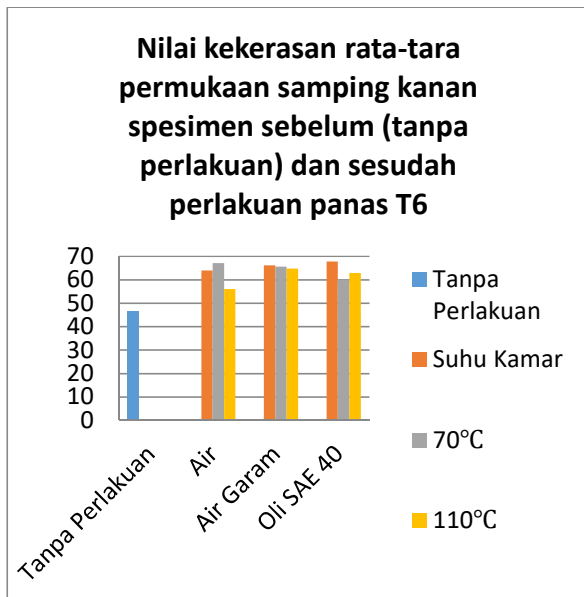
Pembahasan Pengujian Kekerasan Rockwell B

Pengujian kekerasan *rockwell* B bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jenis dan temperatur media pendingin terhadap distribusi kekerasan sebelum dan sesudah perlakuan panas T6. Berikut adalah pembahasan nilai kekerasan pada pengujian kekerasan *Rockwell* B, sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 bagian permukaan atas spesimen uji :



Gambar6. Nilai kekerasan rata-rata permukaan atas spesimen sebelum (tanpa perlakuan) dan sesudah perlakuan panas T6.

Berikut adalah pembahasan nilai kekerasan pada pengujian kekerasan *Rockwell B*, sebelum dan sesudah perlakuan panas T6 bagian permukaan samping kanan spesimen uji :



Gambar 7. Nilai kekerasan rata-rata permukaan samping kanan spesimen sebelum (tanpa perlakuan) dan sesudah perlakuan panas T6.

Dari Gambar 6 dan 7. menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekerasan meningkat setelah dilakukan proses perlakuan panas T6. Namun nilai kekerasan yang ada pada jenis dan temperatur media pendingin terlihat tidak beraturan hal ini menunjukkan bahwa jenis dan temperatur media pendingin tidak mempengaruhi nilai kekerasan. Karena dipengaruhi oleh kondisi internal material yaitu : Kondisi cacat coran, senyawa yang terbentuk, presentase senyawa yang terbentuk, distribusi senyawa yang terbentuk, distribusi partikel penguat.

Pembahasan Pengujian Struktur Mikro XRD

Pengujian struktur mikro XRD bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jenis dan temperatur media pendingin terhadap struktur mikro. Berikut adalah pembahasan perbandingan presentasi senyawa yang terbentuk dari hasil pengujian struktur mikro XRD semua spesimen sesudah perlakuan panas T6 :

Tabel 5. Presentasi senyawa yang terbentuk semua spesimen.

Kode Spesimen	Senyawa			
	Al	MgO	Si	O
A1	7.5	6.6	77.5	8.4
A2	0	74.5	25.5	0
A3	3.7	79.2	0	17.1
B1	5.9	71.9	0	22.2
B2	11.0	72.2	0	16.8
B3	0	100	0	0
C1	8.0	57.5	34.5	0
C2	2.6	97.4	0	0
C3	0	69.8	30.2	0

Dari Tabel 5. menunjukkan bahwa semua spesimen dalam kandidat senyawa (Al, MgO, Si, dan O) mempunyai nilai presentase dan senyawa yang terbentuk berbeda-beda. Tetapi senyawa MgO mempengaruhi perubahan bentuk dan dimensi, apabila nilai presentase MgO-nya rendah maka perubahan bentuk dan dimensi mempunyai nilai selisih

paling besar, terjadi pada spesimen A1. Sedangkan MgO-nya tinggi maka perubahan bentuk dan dimensi mempunyai nilai selisih paling kecil, terjadi pada spesimen B3.

KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Perubahan bentuk dan dimensi tidak beraturan karena terjadinya pemuainan dan penyusutan pada spesimen yang disebabkan oleh laju pendinginan yang tidak seragam pada perlakuan panas T6. Akan tetapi perubahan bentuk dan dimensi menunjukkan spesimen A1 media air dan temperatur pendingin suhu kamar pada panjang bagian belakang mengalami perubahan bentuk yang paling besar 0.632mm, sedangkan spesimen B3 media pendingin oli SAE 40 dan temperatur pendingin 70°C pada lebar bagian samping kanan mengalami perubahan bentuk yang paling kecil 0.014mm.
2. Nilai rata-rata kekerasan meningkat setelah dilakukan proses perlakuan panas T6. Namun nilai kekerasan yang ada pada jenis dan temperatur media pendingin terlihat tidak beraturan hal ini menunjukkan bahwa jenis dan temperatur media pendingin tidak mempengaruhi nilai kekerasan. Karena dipengaruhi oleh kondisi internal material yaitu : Kondisi cacat coran, senyawa yang terbentuk, presentase senyawa yang terbentuk, distribusi senyawa yang terbentuk, distribusi partikel penguat.
3. Pengujian struktur mikro XRD menunjukkan bahwa semua spesimen dalam kandidat senyawa (Al, MgO, Si, dan O) mempunyai nilai presentase dan senyawa yang terbentuk berbeda-beda. Tetapi senyawa MgO mempengaruhi perubahan bentuk dan dimensi, apabila nilai presentase MgO-nya rendah maka perubahan bentuk dan dimensi

mempunyai nilai selisih paling besar, terjadi pada spesimen A1. Sedangkan MgO-nya tinggi maka perubahan bentuk dan dimensi mempunyai nilai selisih paling kecil, terjadi pada spesimen B3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rufin, dkk. 2015. *Investigation of Heat Treatment on Al 6061-Al₂O₃ Composite & Analysis of Corrosion Behaviour*. Volume 30. Number 7.
- [2] Isadare Adeyemi, dkk. 2013. *Effect of Heat Treatment on Some Mechanical Properties of 7075 Aluminium Alloy*. *Materials Research*. 2013; 16(1):190-194.
- [3] Bharathesh. T, dkk. 2013. *Influence of Heat Treatment on Tribological Properties of Hot Forged Al6061-TiO₂ Composites*. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Volume 3. Issue 6.
- [4] Robinson. J, dkk. 2012. *The influence of quench sensitivity on residual stresses in the aluminium alloys 7010 and 7075*. *Materials Characterization* 65 (2012) 73–85.
- [5] Rahman. K & Benal. M. 2012. *Effect of Heat Treatment on the Coefficient of Thermal Expansion of Aluminium 7075alloy-SiCp (5wt %) Composites*. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. ISSN : 2278-1684 Vol. 1, Issue 5.
- [6] Zhang Yu-xun, dkk. 2016. *Influence of quenching cooling rate on residual stress and tensile properties of 2A14 aluminum alloy forgings*. *Materials Science & Engineering A* 674 (2016) 658–665.
- [7] He Tianbing, dkk. 2016. *Influence of quenching agent on microstructure, properties and thermal stress of SiCp/2009 composites*. *Materials Characterization* 118 (2016) 547–552.