



## ANALISA PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN DAN VARIASI TEMPERATUR MEDIA PENDINGIN PADA SOLUTION TREATMENT PROSES T6 TERHADAP PERUBAHAN BENTUK DAN DIMENSI PROPELER DARI BAHAN KOMPOSIT ALUMINIUM-ABU DASAR BATUBARA

Muhammad Nizar 421204135 & Abdul Jalil 421204250

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: muhammadnizar620@gmail.com

### ABSTRAK

*The development of material technology has spawned a new type of material built in stacked from several layers. This material is called composite material. Composite materials consist of more than one material and are designed to obtain the best combination of characteristics of each constituent component.*

*The heat treatment process is the final stage of a series of processes in metalworking before being used as needed. In the heat treatment process, the constraint always faced is the emergence of distortion changes in shape and size (dimensions). In this research used T6 heat treatment with quenching media water, salt water and SAE 40 and variation at temperature quenching room temperature, 50°C and 100°C.*

*To found out the form changes that occur is done CMM testing (Coordinate Measuring Machine) and dial indicators to know the dimensional changes that occur, from the CMM test, the largest size change occurred in SAE 40 followed by salt water then water. In the test using the dial indicator seen the biggest change in the value of Z occurs in water followed by salt water then SAE 40.*

**Key search:** MMC, Composite, Al-Mg-Si, Change Dimension, Thermal Stresses

### PENDAHULUAN

Proses perlakuan panas merupakan tahap akhir dari suatu rangkaian proses dalam pengerjaan logam sebelum dipergunakan sesuai kebutuhannya. Pada proses perlakuan panas, hambatan yang selalu dihadapi adalah timbulnya distorsi perubahan bentuk dan ukuran (dimensi). Dalam penelitian ini bahan yang memiliki ketahanan korosi dan mempunyai berat massa yang ringan, serta mempunyai sifat-sifat yang baik yaitu Almunium. Almunium merupakan logam non ferrous yang banyak digunakan seperti pembuatan beberapa

komponen pesawat terbang, beberapa bagian mobil, alat-alat rumah tangga dan sebagainya. Sifat mekanik almunium akan meningkat dengan penambahan paduan lain, seperti: Mg, SI, dan lain-lain. Tetapi dengan penambahan unsur paduan tersebut belum cukup untuk menambah kekuatan dan kekerasaannya. Untuk dapat membandingkan bahan yang diinginkan maka pemilih bahannya harus sesuai karena itu dalam penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana hasil dari variasi media pendingin terhadap perubahan dimensi dan bentuk pada

perlakuan panas T6 terhadap komposit aluminium abu dasar batu bara.

**Definisi komposit**

Perkembangan teknologi material telah melahirkan suatu material jenis baru yang dibangun secara bertumpuk dari beberapa lapisan. Material inilah yang disebut material komposit. Material komposit terdiri dari lebih dari satu material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Pada dasarnya, komposit dapat didefinisikan sebagai campuran makroskopik dari serat dan matrik. Serat (*fiber*) merupakan material yang jauh lebih kuat dari penguatnya (*matriks*) dan berfungsi memberikan kekuatan tarik. Sedangkan penguatnya berfungsi untuk melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan. Komposit dari serat karbon memiliki sifat ringan dan juga kuat. Komposit jenis ini banyak digunakan untuk struktur pesawat terbang, alat-alat olah raga, dan terus meningkat digunakan sebagai pengganti tulang yang rusak. Dibanding dengan material konvensional keunggulan komposit yaitu:

- Memiliki kekuatan yang dapat diatur (*tailorability*)
- Tahan lelah (*fatigue resistance*) yang baik
- Tahan korosi, dan
- Memiliki kekuatan jenis (rasio kekuatan terhadap berat jenis) yang tinggi

Manfaat utama dari penggunaan komposit adalah untuk mendapatkan kombinasi sifat kekuatan serta kekakuan tinggi dan berat jenis yang ringan. Dengan memilih kombinasi material serat dan matriks yang tepat, kita dapat membuat suatu material komposit dengan sifat yang tepat dan juga sama dengan kebutuhan sifat untuk suatu struktur tertentu dan tujuan tertentu pula (Azki, 2007).

**Pengertian aluminium**

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang sangat ringan, beratnya hanya 1/3 baja, tembaga atau kuningan. Aluminium memiliki kekuatan yang baik,

bahkan beberapa aluminium paduan kekuatannya melebihi baja. Aluminium berasal dari biji aluminium yang disebut bauksit. Untuk mendapatkan aluminium murni dilakukan proses pemurnian pada bauksit yang menghasilkan alumina atau oksida aluminium yang kemudian alumina ini dielektrosa sehingga berubah menjadi oksigen dan aluminium. Aluminium adalah logam terpenting dari logam nonferro. Penggunaan aluminium adalah yang kedua setelah besi dan baja (Surdia dan Saito 1999 : 129).

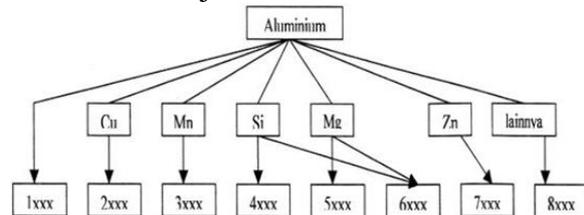
Aluminium mempunyai beberapa sifat-sifat fisik yang ditunjukkan pada Tabel 1. berikut :

Tabel 1. Sifat-Sifat Fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal/g.°C)(100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59(dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,86x10 <sup>-6</sup>	23,5x10 <sup>-6</sup>
Jenis kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , <i>a</i> = 4,013kX	<i>fcc</i> , <i>a</i> = 4,04kX

**Klasifikasi aluminium paduan**

Aluminium murni relatif lunak dan penambahan unsur paduan dapat meningkatkan sifat mekanisnya. Pengelompokan paduan Al didasarkan pada jenis unsur paduan dengan menggunakan sistem 4 digit dimana digit pertama menunjukkan kelompok aluminium, digit kedua menunjukkan modifikasi dari paduan aslinya atau Batas unsur pengotor dan 2 digit terakhir menunjukkan kemurnian aluminium.



Gambar 1. Klasifikasi aluminium dan paduannya

Paduan aluminium secara umum diklasifikasikan berdasarkan cara pengolahan produk yang dihasilkan dikategorikan menjadi dua kategori yaitu:

1. Yang Dapat Dibentuk/Ditempa/Diramas (*Wrought Alloys*) *Wrought Alloys* ini dihasilkan dengan proses *forming* untuk meningkatkan kekuatannya. Prosesnya dibedakan menjadi 2 yaitu:
  - a. Paduan yang dapat diperlakukan – panaskan (*Heat Treatable Alloys*) artinya paduan jenis ini merupakan paduan yang kekuatannya dapat ditingkatkan dengan cara perlakuan panas
  - b. Paduan yang tidak dapat diperlakukan – panaskan (*Non-heat Treatable Alloys*) artinya paduan jenis ini merupakan paduan yang kekuatannya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin
2. Yang Dapat Dituang (*Cast Alloys*)  
*Cast Alloys* merupakan paduan aluminium yang pengerjaannya dengan cara pengecoran yang kemudian dituang pada cetakan dengan bentuk benda yang diinginkan dengan *finishing* sebagai pengerjaan akhir agar sesuai dengan desain yang direncanakan.

### Pengaruh unsur-unsur paduan

Unsur-unsur pepadu aluminium antara lain :

- a. Tembaga (Cu)  
Lambangnya berasal dari bahasa latin *Cuprum* merupakan konduktor panas dan listrik yang baik sekali. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang lambat sekali. Tembaga juga bersifat *paramagnetic*. Penambahan Cu akan memperbaiki sifat mampu aluminium paduan. Selain itu dengan atau tanpa paduan lainnya akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan.
- b. Silikon (Si)  
Pengaruh paling penting dalam penambahan silikon adalah sifat mampu cor. Dalam hal ini yang dapat diperbaiki adalah dengan cara mengurangi penyusutan coran sampai satu setengah dari penyusutan aluminium murni, meningkatkan daya alirnya. Selain itu, paduan silikon akan meningkatkan ketahanan korosinya, baik ditambah unsur lain ataupun tidak.
- c. Magnesium (Mg)

Penambahan unsur magnesium digunakan untuk meningkatkan daya tahan aluminium dan meningkatkan sifat mampu bentuk serta mampu mesin aluminium tanpa menurunkan keuletannya.

#### d. Zinc (Zn)

Penambahan seng akan meningkatkan sifat-sifat mekanis tanpa perlakuan panas serta memperbaiki sifat mampu mesin.

#### e. Mangan (Mn)

Penambahan mangan akan meningkatkan daya tahan karat aluminium dan bila dipadukan dengan Mg akan memperbaiki kekuatan aluminium.

#### f. Besi (Fe)

Penambahan besi dimaksudkan untuk mengurangi penyusutan. Tetapi kandungan besi yang besar juga akan menyebabkan struktur butir yang kasar dan dalam hal ini dapat diperbaiki dengan menambah sejumlah kecil Mn dan Cr.

### Aluminium paduan

Logam aluminium dapat dengan mudah dipadukan dengan logam lain. Paduan aluminium yang penting antara lain :

#### a. Paduan Al-Cu

Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat diperlakukan panas. Dengan melalui pengerasan endapan/penyepuhan sifat mekanis paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak tetapi daya tahan korosinya lebih bila dibandingkan jenis paduan lainnya (Heine, 1976 : 294). *Copper* adalah salah satu unsur paduan penting yang digunakan pada Al karena dengan paduan ini akan membentuk *solid-solution strengthening* dan dengan *heat treatment* yang sesuai dapat meningkatkan kekuatannya dengan membentuk *precipitate*.

#### b. Paduan Al-Cu-Mg

Paduan ini mengandung 4% Cu dan 0,5% Mg dan merupakan paduan yang memiliki kekuatan yang tinggi. Biasanya disebut dengan *duralumin*. Dalam penggunaannya biasa dipakai konstruksi pesawat terbang dan konstruksi lainnya yang membutuhkan perbandingan antara kekuatan dan berat yang cukup besar.

#### c. Paduan Al-Si

Paduan Al-Si adalah paduan yang sangat baik kecairannya, mempunyai permukaan yang bagus, tanpa kegetasan panas, memiliki sifat mampu cor dan ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisiennya kecil dan sebagai penghantar listrik dan panas yang baik, karena sifat-sifatnya maka paduan ini banyak dipakai sebagai bahan untuk logam las dalam pengelasan logam paduan Al, baik pada paduan cor maupun paduan tempa.

#### d. Paduan Al-Mg

Paduan Al-Mg adalah paduan yang memiliki ketahanan korosi yang baik. Pada paduan Al-Mg sekitar 4% atau 10% mempunyai ketahanan korosi dan sifat mekanis yang baik serta memiliki kekuatan tarik di atas 30 kg/mm<sup>2</sup> dan perpanjangan di atas 12% setelah perlakuan panas. Paduan ini biasa dipakai untuk bagian dari alat-alat industri kimia, kapal laut, kapal terbang dan sebagainya.

#### e. Paduan Al-Mg-Si

Paduan Aluminium-Magnesium-Silikon termasuk dalam jenis yang dapat diperlakukan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan tahan korosi yang cukup (Wiryosumarto, 2000). Jika Magnesium Silika (Mg<sub>2</sub>Si), kebanyakan paduan Aluminium mengandung Si, sehingga penambahan Magnesium diperlukan untuk memperoleh efek pengerasan dari Mg<sub>2</sub>Si. Tetapi sifat paduan ini akan menjadi getas, sehingga untuk mengurangi hal tersebut, penambahan dibatasi antara, 0,03% - 0,01% (Hiene, 1995 : 320).

Tabel 2. Komposisi Kimia Al-Mg-Si

Paduan 6061	(%)
Al	95,8-98,6
Mg	0,80-1,2
Si	0,40-0,80
Fe	Max 0,70
Mn	Max 0,15
Zn	Max 0,25
Cu	0,15-0,40
Cr	0,040-0,35
Ti	Max 0,15
Kandungan lainnya	Max 0,15

(ASM Aero Space Metal Inc).

Tabel 3. Sifat Aluminium Paduan Al-Mg-Si

Sifat	Nilai
Density	2,70 g/cm <sup>3</sup>
Melting Point	650 °C
Thermal Expansion	23,4 x 10 <sup>-6</sup> /K
Modulus of Elasticity	70 Gpa
Thermal Conductivity	166 W/m.K
Electrical Resistivity	0,040 x 106 Ω.m
Tensile Strength	310 MPa

(Aalco, 2013)

#### f. Paduan Al-Zn

Paduan ini lebih banyak mengandung aluminium dan merupakan paduan yang memiliki ketahanan korosi yang baik. Dalam penggunaan biasa diaplikasikan untuk konstruksi tempat duduk pesawat terbang, perkantoran dan konstruksi lainnya yang membutuhkan perbandingan antara ketahanan korosi dan berat yang tidak terlalu besar. Titik lebur dari aluminium paduan Al-Zn 476°C - 657°C.

#### g. Paduan Al-Mn

Mn merupakan unsur yang memperkuat aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosinya dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi. Jumlah paduan yang terkandung dalam paduan ini adalah 25,3%.

### Perlakuan Panas

Perkembangan teknologi material berkembang pesat ke arah konstruksi yang kuat, ringan, murah, ramah lingkungan dan aman. Dari sebuah rangkuman yang ditulis oleh Avner (1974: 676) menyatakan bahwa perlakuan panas adalah: *“Heating and cooling a solid metal or alloy in such way as to obtain desired conditions or properties. Heating for the sole purpose of hot-working is excluded from the meaning of this definition”*.

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat mekaniknya. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dapat dihilangkan, ukuran butir dapat diperbesar atau diperkecil. Selain

itu ketahanan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas tepat, komposisi logam paduan harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis.

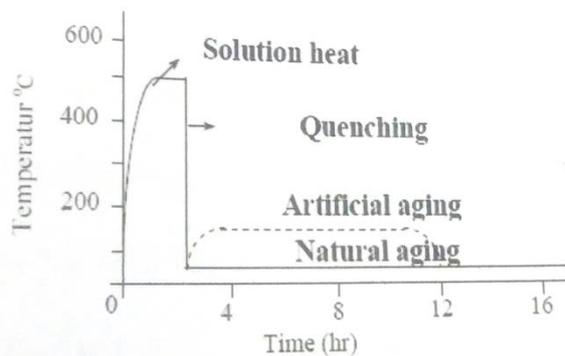
### Perlakuan Panas T6

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dari suatu logam yang bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang optimum. Selain itu juga perlakuan panas khususnya aluminium bertujuan untuk memperoleh struktur logam hasil coran yang seragam, memperbaiki sifat mampu mesin, stabilitas dimensi, dan menghilangkan tegangan sisa (residual stress) akibat kontraksi selama peleburan.

Perlakuan panas yang paling sesuai sebagai proses finishing pada material komposit Al – abu dasar batubara ini adalah perlakuan panas T6. Dimana proses perlakuan panas T6 dilakukan dalam tiga tahap yaitu:

- a. Solution heat treatment
- b. Quenching ( pendinginan )
- c. Aging ( waktu tahan )

Tiga kondisi diatas dinyatakan secara grafis pada gambar berikut :



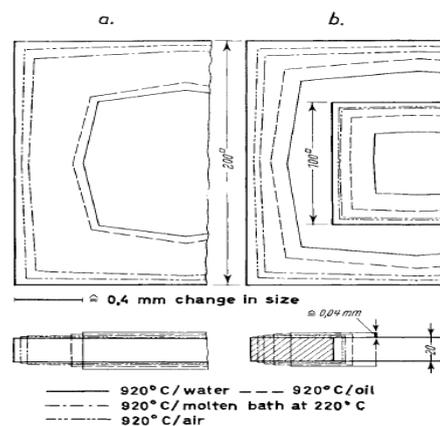
Gambar 2. Proses perlakuan panas T6 Perubahan struktur selama proses aging pada kenyataannya sulit diteliti. Dengan naiknya temperature aging, komposisi dan proses pengendapan yang berbeda dapat terjadi berturut ataupun serentak.

### Perubahan bentuk selama *hardening* dan *tempering*

Salah satu permasalahan yang sulit dihindari dalam perlakuan panas yaitu perubahan dimensi yang terjadi dalam baja setelah *hardening* dan *tempering*. Berubah dalam bentuk dan ukuran. K.E. Thelning.

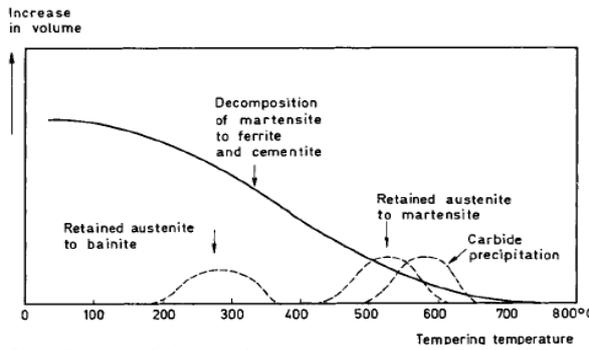
### Tegangan termal

Ketika temperatur bodi turun, lapisan luar lebih cepat menurun. Efek dari tegangan termal dapat dipelajari di baja karbon rendah, dimana kita dapat mengabaikan kemungkinan dari formasi martensit. Baja *austenitic* juga cocok untuk study. Frehser dan Lowitzer melakukan serangkaian penelitian efek dari variasi pendingin pada slab ukuran 200 x 200 x 20 mm terbuat dari baja ringan. Slab  $\alpha$  di Gambar 2.3 menunjukkan dengan jelas penurunan temperatur secara drastis, dengan menunjukkan perubahan dimensi yang semakin besar. Gambar 2.3 menunjukkan semakin besar penurunan temperatur setelah pendinginan, semakin besar deformasi.



Gambar 3. Perubahan bentuk plat dari baja karbon rendah (0-10% C), setelah pendinginan dengan media udara, oli, (after Frehser)

Setelah tempering martensit terurai dengan ferit dan cementite yang mana menunjukkan penurunan volume terus menerus. Hasil dari tempering di temperatur tinggi volume kembali besar dan nilai asli sebelum *hardening*, asalkan kita mengabaikan deformasi plastik (lihat Gambar 4.)



Gambar 4. Skematik representasi efek dari perubahan struktur konstitusi pada perubahan volume setelah tempering pada baja setelah dihardening

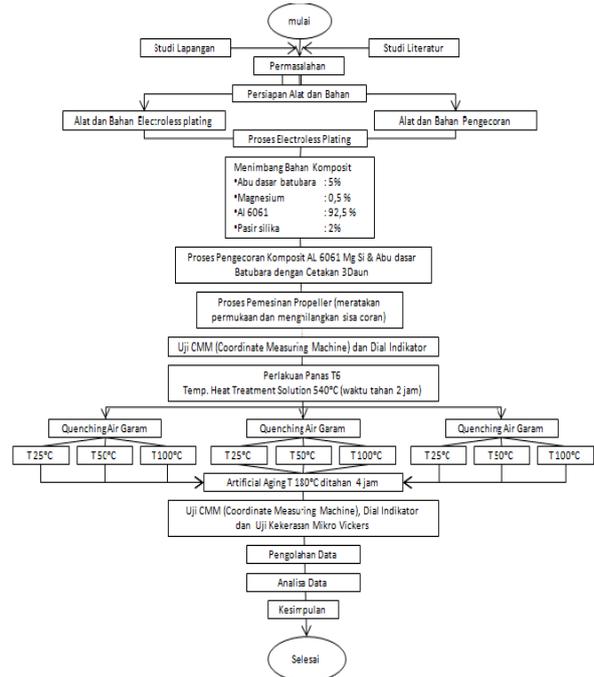
### Electroless plating

*Electroless* merupakan proses plating yang tidak menggunakan arus listrik dalam proses pelapisannya. Pelapisan yang terjadi karena adanya reaksi oksidasi dan reduksi pada permukaan barang, sehingga terbentuk lapisan logam yang berasal dari logam tersebut. Karena tidak menggunakan bantuan arus listrik dalam pertukaran elektron, proses pelapisan yang terjadi berjalan lebih lambat, sehingga untuk mempercepat pelapisannya, temperatur pada prosesnya harus tinggi, bisa lebih dari 90°C.

*Electroless plating* mirip seperti reaksi kimia dan tanpa menggunakan sumber listrik. Diaplikasikan contohnya pada nikel selaku material sepenuhnya. *Electroless plating* bisa digunakan untuk non konduktif metal seperti plastik, dan keramik. Proses ini lebih mahal dibandingkan dengan *electro plating*, tetapi proses ini hasil pelapisannya lebih seragam.

*Electroless plating* adalah deposisi metal dari larutan dengan menggunakan agen pereduksi (RA) dalam larutan atau disolusi substrat dengan elektron bebas. *Electroless plating* biasanya digunakan untuk komponen mekanik maupun elektronik khususnya meningkatkan ketahanan aus (*wear resistance*) dan dalam beberapa kasus meningkatkan korosi (dengan perlakuan khusus). Proses ini sangat tidak tergantung dari geometri spesimen. (Eka Puji Hemawan 2015).

## PROSEDUR EKSPERIMEN



Gambar 5. Diagram Alir Prosedur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4. Data hasil penelitian uji dial indikator

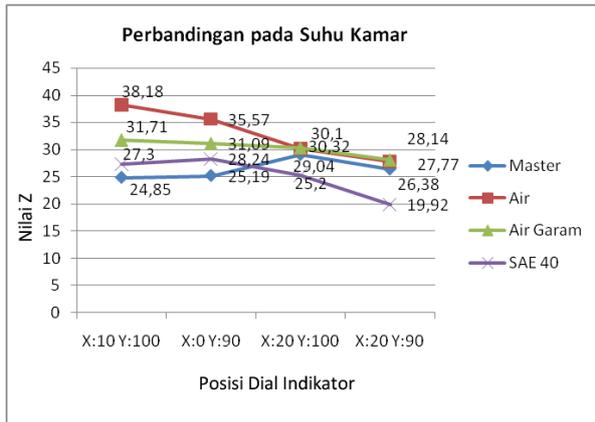
Air					
T	X10 Y100	X0 Y90	X20 Y100	X20 Y90	Rata-rata
25°C	13,33	10,38	4,90	8,22	9,207
50°C	12,43	9,48	0,26	0,49	5,665
100°C	12,71	9,68	0,51	0,85	5,937

Tabel 5. Data hasil penelitian uji dial indikator

Air Garam					
T	X10 Y100	X0 Y90	X20 Y100	X20 Y90	Rata-rata
25°C	6,86	5,9	1,28	1,76	3,950
50°C	6,6	5,58	0,98	1,46	3,655
100°C	6,26	5,35	0,86	0,98	3,382

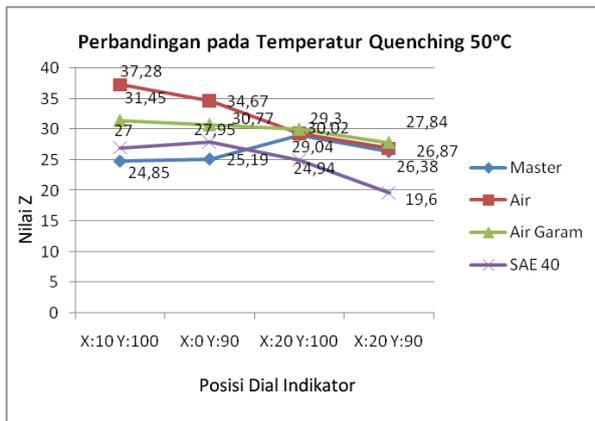
Tabel 6. Data hasil penelitian uji dial indikator

SAE40					
T	X10 Y100	X0 Y90	X20 Y100	X20 Y90	Rata-rata
25°C	2,45	3,05	3,84	6,46	3,950
50°C	2,15	2,76	4,1	6,78	3,947
100°C	1,92	2,43	4,35	7,02	3,930



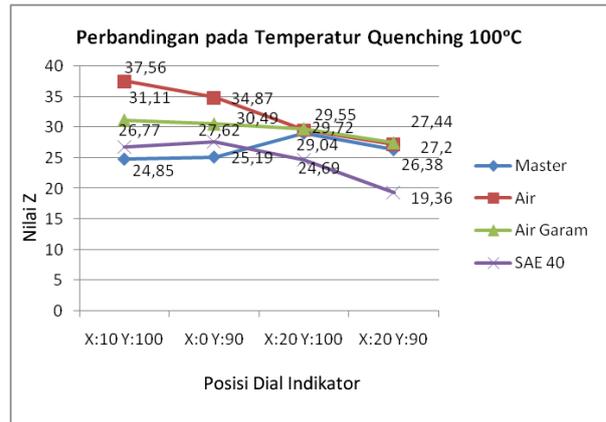
Gambar 6. Perbandingan pada quenching pada temperatur 25° C

Dari Gambar 6. rata-rata perubahan terbesar terjadi pada media pendingin air dengan temperatur quenching 25°C dengan nilai rata-rata 9,207, perubahan terkecil terjadi pada media air garam dan oli dengan nilai rata-rata 3,95.



Gambar 7. Perbandingan quenching pada temperatur 50° C

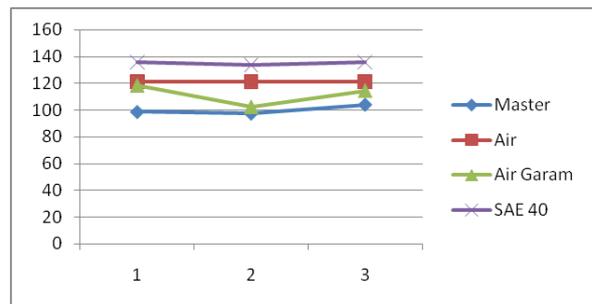
Dari Gambar 7. rata-rata perubahan terbesar terjadi pada media pendingin air dengan nilai rata-rata 5,66, perubahan terkecil terjadi pada media air garam dengan nilai rata-rata 3,655.



Gambar 8. Perbandingan pada quenching pada temperatur 100° C

Gambar 8. Perbandingan quenching pada temperatur 100° C

Dari Gambar 4.27 rata-rata perubahan terbesar terjadi pada media pendingin air dengan nilai rata-rata 5,93, perubahan terkecil terjadi pada media air garam dengan nilai rata-rata 3,382.



Gambar 9. Hasil Uji Kekerasan Mikro Vickers pada Quenching suhu ruang

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada koordinat X10 Y100, X0 Y90 X20 Y 100 dan X20 Y90 semua media pendingin mengalami perubahan bentuk dan dimensi. Perubahan terbesar terjadi pada media pendingin Air rata-rata berubah 9,207 pada variasi quenching temperatur 25°C, sedangkan perubahan yang terkecil terjadi pada media pendingin SAE40 pada variasi temperatur quenching 100°C dengan nilai rata-rata 3,930.
2. Semakin tinggi temperatur media quenching maka semakin kecil perubahan bentuk yang terjadi. Pada temperatur media pendingin 100°C rata-

rata perubahan yang terjadi 5,93 untuk air, 3,65 untuk air garam dan 9,30 untuk oli.

3. Dari pengujian Micro Vikres terlihat perbedaan nilai kekerasan antara master dan spesimen yang telah dilakukan perlakuan panas T6, nilai kekerasan yang paling besar terjadi pada proppeler yang menggunakan media pendingin oli dengan nilai 135,7HV karena oli memiliki viskositas yang lebih tinggi dari pada air dan air garam.

### REFERENSI

- [1] ASTM E-92 “Standart Test Methods for Vickers Hardness of Metallic Materials.”.
- [2] Azki Hakim, 2007, Teknologi Material Komposit. Forum Sains Indonesia.
- [3] Eka Puji Hemawan, 2015, Analisa Pengaruh Electroless Plating Abu Dasar Batu Bara Sebagai Penguat Komposit Matriks Logam Terhadap Produk Reaksi yang Terbentuk Pada Permukaan Abu Dasar Batu Bara. Indonesia.
- [4] K.E. Thelning. 2013. Steel and Its Heat Treatment. Butterworth-heinemann.
- [5] Nayiroh, Nurun. (2013). Klasifikasi Komposit-Metal Matrix Composite. Teknologi Material Komposit. Indonesia.
- [6] Schwartz, M.M. 1997. Composite Material Processing Fabrication and Applications. Prentice Hall, USA.
- [7] Surdia, T & Chijjiwa, K. 1976. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [8] S. Deni, dkk. 2008. Analisa Pengaruh Komposisi Sic Terhadap Sifat Mekanis Komposit Serbuk Al/Sic dengan Proses *Single Compaction*. Jurnal Makara Sain.