

EFEK PERLAKUAN PANAS DENGAN VARIASI *DOUBLE QUENCHING* DAN PENAMBAHAN GARAM (NaCl) PADA Al₆₀₆₁ TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Lely Farima

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: lely.17050754005@mhs.unesa.ac.id

Aisyah Endah Palupi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: aisyahpalupi@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi secara modern menuntut manusia untuk lebih kreatif dalam memenuhi kebutuhan, terutama bidang pengecoran logam. Pengecoran logam banyak di jumpai di industri seperti rangka kapal, dek, *propeller* dan lain-lain. Kualitas *propeller* yang baik bisa didapatkan dengan cara menambah unsur paduan. Bahkan ada Industri pengecoran yang menambah unsur NaCl untuk memperbaiki sifatnya. Maka dari itu penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh perlakuan panas dengan variasi *double quenching* dan penambahan NaCl pada Al₆₀₆₁ terhadap kekerasan dan struktur mikro. Media *double quenching* yang digunakan meliputi Oli SAE 20W dan air, Oli SAE 40W dan air, serta Oli SAE 80W dan air. Penelitian ini menghasilkan nilai kekerasan *Rockwell* tertinggi paduan 4kg (Al₆₀₆₁) + 1kg (Al Komersil) + 31gr (NaCl) dengan *double quenching* Oli SAE 20W dan air sebesar 110,7 HRB serta struktur mikronya memiliki batas butir yang kurang rapat dengan jumlah unsur penyusun 100% dari Al 94%, Si 4%, O 0,60%, Fe 0,64% dan Cu 0,76% tanpa memiliki unsur Zn. Sedangkan, Nilai kekerasan terendah pada paduan 3,5kg (Al₆₀₆₁) + 1,5kg (Al Komersil) + 31gr (NaCl) dengan menggunakan *double quenching* Oli SAE 80W dan air sebesar 50,3 HRB. Struktur mikro dari paduan ini memiliki batas butir yang cenderung rapat dan jumlah unsur penyusunnya 100% dari Al 92%, Si 4%, unsur O, Fe, Cu dan Zn masing-masing 1%. Dapat disimpulkan penambahan NaCl membentuk unsur lain dalam paduan ini serta semakin meningkatnya jumlah kadar komposisi Al₆₀₆₁ dan semakin rendah nilai viskositas oli dapat meningkatkan kekerasan dan memperbaiki struktur mikro material *propeller*.

Kata kunci : Al₆₀₆₁, *double quenching*, NaCl, kekerasan *rockwell*, struktur mikro.

Abstract

Modern technological developments require humans to be more creative in meeting their needs, especially in the metal casting sector. Metal casting is commonly found in industries such as ship frames, decks, *propellers* and others. Good quality *propeller* can be obtained by adding alloying elements. There is even a foundry industry that adds NaCl to improve its properties. Therefore, this study aims to determine the effect of heat treatment with variations *double quenching* and addition of NaCl to Al₆₀₆₁ against hardness and microstructure. The media *double quenching* used includes SAE 20W oil and water, SAE 40W oil and water, as well as SAE 80W oil and water. This research resulted in the hardness value of *Rockwell* highest alloy 4kg (Al₆₀₆₁) + 1kg (Al Komersil) + 31gr (NaCl) with *double quenching* SAE 20W oil and water of 110.7 HRB and its microstructure has less dense grain boundaries with The number of constituent elements is 100% Al 94%, 4% Si, 0.60% O, 0.64% Fe and 0.76% Cu without Zn elements. Meanwhile, the lowest hardness value in the alloy 3.5 kg (Al₆₀₆₁) + 1.5 kg (Al Commercial) + 31 gr (NaCl) using *double quenching* SAE 80W oil and water is 50.3 HRB. The microstructure of this alloy has grain boundaries that tend to be dense and the number of constituent elements is 100% Al 92%, Si 4%, elements O, Fe, Cu and Zn each 1%. It can be concluded that the addition of NaCl forms another element in this alloy and the increasing number of levels of the Al composition₆₀₆₁ and the lower the viscosity of the oil can increase the hardness and improve the microstructure of the material *propeller*.

Keywords : Al₆₀₆₁, *double quenching*, NaCl, hardness *rockwell*, microstructure.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi secara modern dan ilmu pengetahuan yang meluas, menuntut manusia untuk lebih aktif dan kreatif dalam memenuhi kebutuhannya, terutama di bidang produksi dan konstruksi. Pemahaman terhadap pengetahuan teoritis dan kemampuan praktis yang baik akan membantu siswa dalam memecahkan permasalahan yang dihadapi sehari-hari berdasarkan pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki. Seperti proses pengecoran. Pengecoran yang banyak dikembangkan untuk meminimalisir dalam pengeluaran. Manusia dituntut untuk melakukan rekayasa guna memenuhi kebutuhan yang semakin kompleks dari banyaknya permintaan pasar.

Proses pengecoran sering dijumpai di industri yang bergerak pada bidang perkapalan semisal pembuatan dek, *propeller*, rangka kapal dll. *Propeller* adalah komponen mesin yang memegang peranan penting dalam konstruksi kapal. *Propeller* dipasangkan ke poros langsung di hubungkan pada mesin kapal. Jika mesin dihidupkan otomatis poros akan berputar dimana kecepatan putaran *propeller* sama dengan poros dan tergantung dengan kecepatan mesin kapal. Itu artinya kapal dapat bergerak karena mendapatkan tenaga dari putaran *propeller*. Maka, *propeller* memiliki fungsi yang sangat penting untuk menggerakkan kapal. (Kondo Yan dkk, 2012: 1). *Propeller* yang dijual di pasaran dengan bahan dasar aluminium memiliki kekerasan rata-rata adalah 83,6BHN, nilai kekerasan *propeller* itu di dapatkan saat menganalisa *propeller* yang digunakan nelayan (suyanto, dkk, 2018).

Umumnya *propeller* terbuat dari kuningan atau perunggu, tapi ada juga yang terbuat dari aluminium karena memiliki sifat yang baik yaitu anti korosi tangguh dan mampu mesin. Aluminium yang sering digunakan ialah Al₆₀₆₁ karena materialnya memiliki kekuatan tarik 12kgf/mm² serta titik cair yang rendah 660°C, sehingga mudah untuk diproses.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari studi kasus (Pramudita, Argi Eka, 2019) yang melakukan penelitian di UKM daerah Klampis Surabaya yang meneliti pengaruh komposisi paduan bahan dan jumlah kadar NaCl serta diberikan perlakuan T6 *double quenching* oli SAE 20W yang mempengaruhi nilai kekerasan material *propeller*. Perlakuan *quenching* dilakukan bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis dari material *propeller*. Nilai kekerasan *Rockwell* tertinggi diperoleh dari penambahan NaCl sebanyak 31gr NaCl dengan komposisi paduan Al₆₀₆₁ (3,5kg)+Al Komersil (1,5kg) dan didapatkan nilai kekerasan sebesar 116HRB. Hal ini juga dibuktikan oleh (Pambudi, Bayu Sinung, dkk), yang melakukan penelitian tentang perbedaan viskositas oli sebagai media pendingin. Nilai

viskositas mempengaruhi struktur mikronya. Material AISI 4340 memiliki nilai kekerasan tertinggi saat menggunakan oli SAE 20W, dimana oli ini memiliki viskositas yang rendah membuat struktur mikronya menjadi halus dan struktur martensit mudah untuk terbentuk. Penelitian tersebut akan diteruskan dengan memberi perlakuan panas dengan variasi *double quenching* dan penambahan NaCl yang menambah nilai kekerasan dan struktur mikro *propeller* diharapkan memiliki nilai kekerasan yang lebih dari 100HRB.

Penelitian lain yang dirujuk melakukan *quenching* dan *tampering* (Anggoro, Setya, 2017), yang menghasilkan peningkatan nilai kekerasan setelah proses *quenching* sebesar 551kg/mm², sedangkan bahan dasar nilai kekerasannya yaitu 288kg/mm². Hal ini menunjukkan proses *Heat Treatment* dapat meningkatkan nilai kekerasan dan ketahanan korosi pada material baja AISI 420. Nafi, Maula, (2016) juga menganalisa hasil material coran, yaitu Al₆₀₆₁ dengan diberikan perlakuan panas *double quenching*, untuk mengetahui nilai kekerasan aluminium Al₆₀₆₁ hasil coran, didapatkan nilai kekerasan tertinggi yaitu dengan variasi media oli SAE 40, dilanjutkan dengan pencelupan air dengan waktu tahan 10 detik. Hasil penelitian dari Purnomoaji, (2019) menunjukkan pengaruh variasi pada oli SAE 40, SAE 90, SAE 140 sebagai pendinginan terhadap pipa cor aluminium dengan media cetakan pasir merah dan menghasilkan nilai kekerasan tertinggi yaitu 103,85BHN dengan media pendinginan oli SAE 40.

Perlakuan *quenching* menghasilkan nilai kekerasan tertinggi juga diperoleh dari penelitian Setyo, Noor, (2016) dengan pengaruh viskositas oli terhadap kekerasan dan struktur mikro Baja 60 menghasilkan kesimpulan bahwa semakin meningkat nilai viskositas oli, maka semakin tinggi juga nilai kekerasannya dengan menggunakan media Oli SAE 80W dengan nilai kekerasan permukaan sebesar 196 VHN. Nilai kekerasan material juga didapat dari perlakuan *quenching* dengan media air sumur hal ini dibuktikan oleh Wibowo, dkk (2016) menganalisa pengaruh variasi media *quenching* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro hasil *remelting* aluminium paduan berbasis limbah piston. Media yang menghasilkan kekerasan tertinggi adalah menggunakan air sebesar 162,73 HV. Semakin keras nilai kekerasannya berarti semakin cepat laju pendinginannya..

Sifat mekanik yang baik juga bisa didapatkan dengan penambahan NaCl sesuai penelitian (Qubro, M Aliyudin (2017) selama proses pengecoran maupun *melting* pada aluminium diberi campuran NaCl. Hasil kekerasan tertinggi, diperoleh dari komposisi paduan bahan Al₆₀₆₁ 3,5kg + Al komersil 1,5kg + 28gr NaCl dan warna yang

Efek Perlakuan Panas Dengan Variasi Double Quenching Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro

paling terang diperoleh dari komposisi paduan bahan Al₆₀₆₁ 3,5kg + Al komersil 1,5 kg + 28gr NaCl.

Berdasarkan uraian dan penjelasan di atas, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan mencari pengaruh perlakuan panas dengan variasi *double quenching* dan penambahan NaCl pada Al₆₀₆₁ dengan melihat variabel-variabel yang berpengaruh sesuai yang telah dijabarkan.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Bagaimanakah pengaruh perlakuan panas dengan variasi *double quenching* dan penambahan NaCl pada Al₆₀₆₁ terhadap kekerasan material *propeller*?
- Bagaimanakah pengaruh perlakuan panas dengan variasi *double quenching* dan penambahan NaCl pada Al₆₀₆₁ terhadap struktur mikro material *propeller*?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah:

Mengetahui pengaruh perlakuan panas dengan variasi *double quenching* dan penambahan NaCl pada Al₆₀₆₁ terhadap kekerasan dan struktur mikro material *propeller*.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif asosiatif yang bertujuan untuk mengetahui kekerasan dan struktur mikro hasil cor paduan Al₆₀₆₁ dengan variasi pendinginan, dengan :

- Pengujian kekerasan dengan menggunakan alat *Rockwell Hardness Tester* skala HRB menggunakan standar DIN 50103.
- Pengujian *struktur mikro* untuk pengamatan dan pengkajian struktur permukaan sampel dengan pembesaran 300x, 600x, 1200x dan 2000x dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope*.

Tempat dan Waktu Penelitian

- **Tempat penelitian**

Proses pembuatan spesimen dan pengecoran dilakukan di UKM pengecoran Aluminium Surabaya Jl. Klampis Ngasem gang 7 no 1. Uji kekerasan dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin UNESA. Pengujian mikro struktur dilakukan di Departemen Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya .

- **Waktu Penelitian**

Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2020 – Desember 2020.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini adalah:

- **Variabel Bebas**

- Variasi pendinginan pertama menggunakan Oli SAE 20W, Oli SAE 40W, Oli SAE 80W dan lanjut menggunakan air.
- Variasi material paduan Al₆₀₆₁ (3,5kg)+ Al Komersil (1,5kg) + (31gr) NaCl dan Al₆₀₆₁ (4kg) + Al Komersil (1kg) + (31 gr) NaCl.

- **Variabel Terikat**

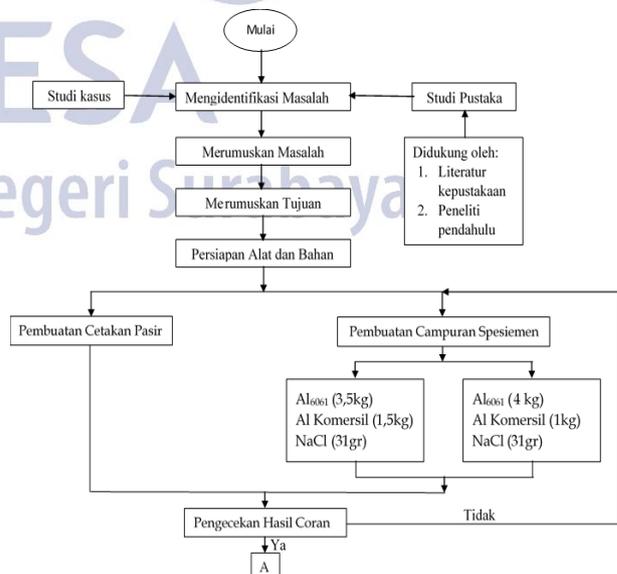
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekerasan dan struktur mikro material pengecoran logam Al₆₀₆₁ dengan perlakuan panas dan variasi *double quenching* serta penambahan NaCl.

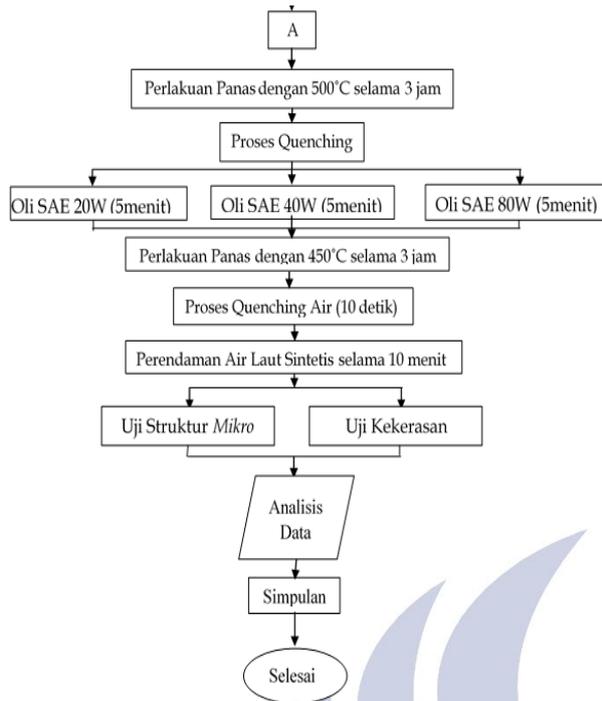
- **Variabel Kontrol**

- Materialnya adalah hasil coran Al₆₀₆₁ dengan perlakuan panas *double quenching* dan penambahan NaCl.
- Jenis aluminium murni Al₆₀₆₁
- Aluminium paduan menggunakan jenis aluminium komersil (*blok motor*).
- Alat uji kekerasan menggunakan *Rockwell Hardness Tester* skala HRB.
- Proses uji struktur mikro dilakukan di lab SEM departemen teknik mesin Institut Teknologi Sepuluh November.

Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sesuai *flowchart* berikut ini:





Gambar 1. Flowchart Penelitian

Proses Pengecoran

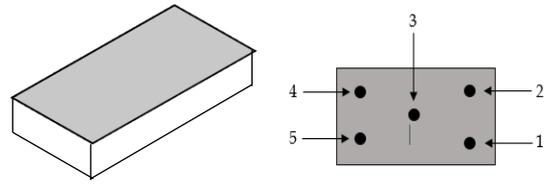
- Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- Membuat cetakan pasir (menggunakan pasir khusus yang dicampur dengan pasir silica).
- Setelah itu membuat model (sesuai bentuk yang diinginkan) diberi serbuk kapur dan dan ditanamkan dalam cetakan.
- Mengolesi dengan serbuk bentonit untuk memperhalus permukaan pola.
- Setelah cetakan siap, lakukan proses pengecoran.
- Memanaskan tungku pembakaran dan kowi.
- Masukkan Al₆₀₆₁ dan Al komersil kedalam kowi.
- Tunggu hingga meleleh.
- Memasukan garam (NaCl) kedalam coran Al₆₀₆₁ dan Al komersil sesuai dengan ketentuan.
- Diaduk hingga merata.
- Memasukan hasil coran kedalam cetakan yang sudah disediakan.
- Menunggu hingga hasil coran mengeras.
- Membongkar cetakan dan pengecoran diangkat.

Pengujian Kekerasan Metode Rockwell

Pengujian kekerasan metode *rockwell* adalah pengujian kekerasan dengan menekan permukaan spesimen logam menggunakan suatu indentor. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kekerasan material. Rumus menentukan HRB dari pengujian *Rockwell*

$$HR = \frac{\text{Nilai Kekerasan} \cdot HRB}{\text{Jumlah titik pengujian}}$$

$$HR = HRB$$



Gambar 2. Spesimen Pengujian Kekerasan

Pengujian Scanning Electron Microscope

Scanning electron microscope (SEM) adalah pengujian struktur mikro material dengan menggunakan mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk mengmbarkan suatu permukaan material yang diteliti.

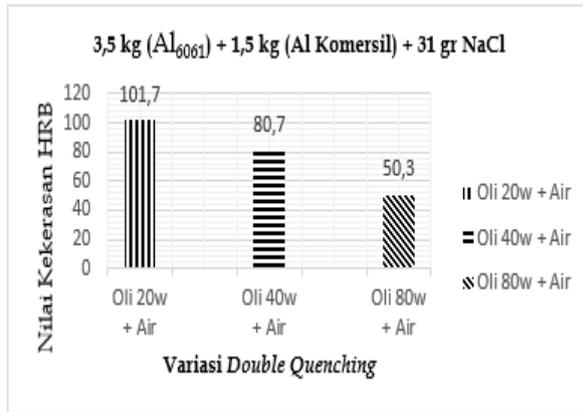
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kekerasan Rockwell

Tabel 1. Hasil uji kekerasan paduan Aluminium dengan komposisi 3,5kg Al₆₀₆₁ + 1,5kg Al komersil + 31gr NaCl dengan perlakuan *double quenching* oli SAE 20W, 40W, 80W dan air.

Massa Paduan	Media <i>Double Quenching</i>	Spesimen	Titik Uji Nilai Kekerasan (HRB)					HRB Rata-rata	HRB Rata-rata (Σ)
			1	2	3	4	5		
Al ₆₀₆₁ (3,5kg) Al Komersil (1,5kg) 31 gr NaCl.	Oli SAE 20W dan Air	A1	103,4	102,1	99,8	101,3	103,1	101,9	101,7
		A2	101,2	100,3	101,6	103,7	102,3	101,8	
		A3	102,7	100,3	101,5	100,9	101,6	101,4	
	Oli SAE 40W dan Air	B1	81,6	81,3	82,1	81,3	79,4	81,1	80,7
		B2	80,2	78,3	82,1	80,4	79,8	80,1	
		B3	79,2	82,1	81,3	81,7	81,1	81,0	
	Oli SAE 80W dan Air	C1	51,3	47,2	46,5	47,8	50,0	48,9	50,3
		C2	50,2	52,1	56,1	49,7	50,5	51,7	
		C3	50,4	52,6	51,4	47,1	51,0	50,5	

Efek Perlakuan Panas Dengan Variasi Double Quenching Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro



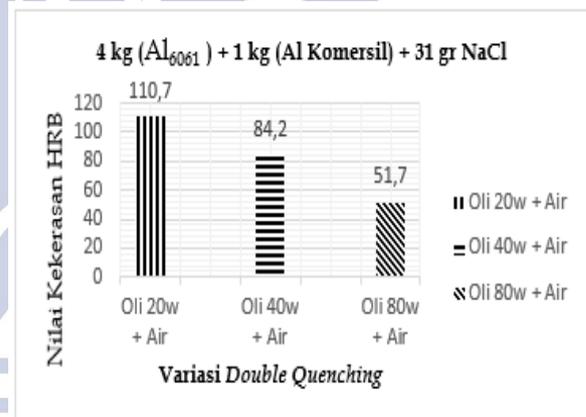
Gambar 3. Diagram Hasil Uji Kekerasan komposisi 3,5kg (Al₆₀₆₁) + 1,5kg (Al Komersil) + 31gr NaCl

Berdasarkan gambar 3 hasil pengujian kekerasan dari material yang memiliki komposisi 3,5kg (Al₆₀₆₁) + 1,5kg (Al Komersil) + 31gr NaCl dengan diberi perlakuan panas *double quenching* secara berurutan dengan media quenching pertama oli SAE 20W, oli SAE 40W, oli SAE 80W dan media *quenching* kedua adalah air menghasilkan nilai kekerasan yang sangat signifikan. *Quenching* oli SAE 20W dan air menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 101,7HRB. Penggunaan oli SAE 40W dan air untuk media *double quenching* menghasilkan nilai kekerasan 80,7HRB. Untuk penggunaan oli SAE 80W dan air pada media *double quenching* menghasilkan kekerasan 50,3HRB.

Nilai kekerasan dengan komposisi paduan 3,5kg (Al₆₀₆₁) + 1,5kg (Al Komersil) + 31gr NaCl dengan perlakuan panas *double quenching* oli SAE 20W dan air dapat meningkatkan nilai kekerasan di bandingkan nilai kekerasan propeller yang dijual dipasaran.

Tabel 2 Hasil kekerasan paduan Aluminium dengan komposisi 4kg Al₆₀₆₁ + 1kg Al komersil + 31gr NaCl dengan perlakuan *double quenching* oli SAE 20W, 40W, 80W dan air.

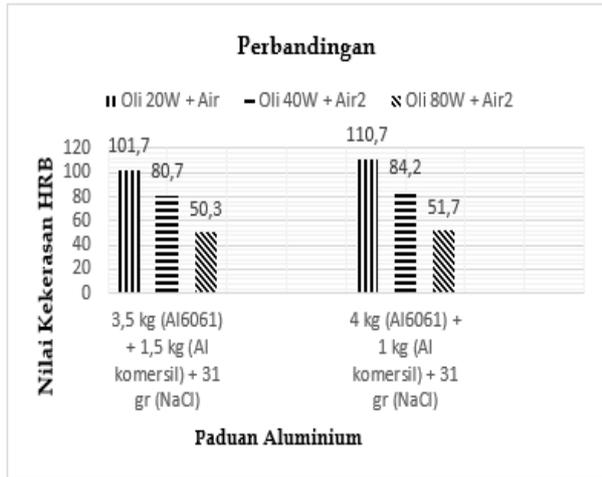
Massa Paduan	Media Double Quenching	Spesimen	Titik Uji Nilai Kekerasan (HRB)					HRB Rata-rata	HRB Rata-rata (Σ)
			1	2	3	4	5		
Al ₆₀₆₁ (4 kg) Al Komersil (1kg) 31 gr NaCl	Oli SAE 20W dan Air	A1	109,8	112,6	111,3	108,4	112,5	110,9	110,7
		A2	113,2	109,8	100,7	112,1	113,6	109,8	
		A3	112,3	111,7	108,6	112,6	112,1	111,4	
	Oli SAE 40W dan Air	B1	86,1	87,2	84,5	84,4	88,1	86,0	84,2
		B2	84,2	84,7	83,1	83,9	84,1	84,0	
		B3	83,2	82,1	82,8	81,9	82,7	82,5	
	Oli SAE 80W dan Air	C1	54,8	49,1	58,8	50,9	53,6	53,4	51,7
		C2	45,2	52,3	49,3	53,3	51,6	50,3	
		C3	51,2	52,3	51,4	51,6	50,9	51,4	



Gambar 4.2 Diagram Hasil Uji Kekerasan komposisi 4kg (Al₆₀₆₁) + 1kg (Al Komersil) + 31gr NaCl

Berdasarkan gambar 4. hasil pengujian kekerasan dari material yang memiliki komposisi 4kg (Al₆₀₆₁) + 1kg (Al Komersil) + 31gr NaCl dengan diberi perlakuan panas *double quenching* secara berurutan dengan media quenching pertama oli SAE 20W, OLI SAE 40W, OLI SAE 80W dan media *quenching* kedua adalah air menghasilkan nilai kekerasan yang sangat signifikan. *Quenching* oli SAE 20W dan air menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 110,7HRB. Penggunaan oli SAE 40W dan air untuk media *double quenching* menghasilkan nilai kekerasan 84,2HRB. Untuk penggunaan oli SAE 80W dan air pada media *double quenching* menghasilkan kekerasan 51,7HRB.

Nilai kekerasan dengan komposisi paduan 4kg (Al₆₀₆₁) + 1kg (Al Komersil) + 31gr NaCl dengan perlakuan panas *double quenching* oli SAE 20W dan air dapat meningkatkan nilai kekerasan di bandingkan nilai kekerasan *propeller* yang dijual dipasaran..



Gambar 5 Perbandingan variasi paduan dan variasi perlakuan panas *double quenching*

Pengaruh dari perbedaan jumlah campuran material dan perlakuan panas *double quenching* dilihat pada gambar 5. Penelitian ini difokuskan pada penggunaan perlakuan panas *double quenching* dengan media yang berbeda-beda yaitu oli SAE 20W dan air, oli SAE 40W dan air, serta oli SAE 80W dan air.

Gambar 5 menjelaskan nilai kekerasan tertinggi didapat pada komposisi paduan 4kg (Al₆₀₆₁) + 1kg (Al Komersil) + 31gr NaCl dengan nilai 110,7HRB dan kekerasan terendah pada komposisi paduan 3,5kg (Al₆₀₆₁) + 1,5kg (Al Komersil) + 31gr NaCl dengan nilai kekerasan 50,3HRB. Disimpulkan bahwa semakin meningkatnya jumlah kadar komposisi Al₆₀₆₁ dapat meningkatkan kekerasan serta semakin rendah suatu nilai viskositas oli dapat meningkatkan kekerasan material.

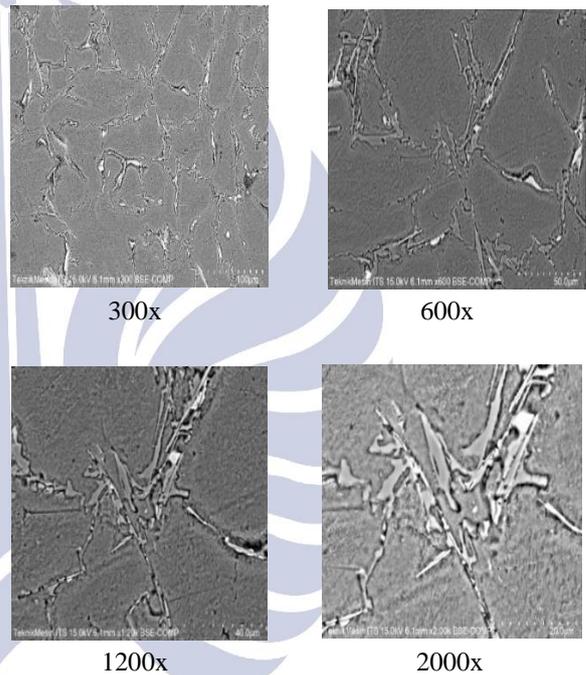
Nilai kekerasan terendah pada komposisi paduan 3,5kg (Al₆₀₆₁) + 1,5kg (Al Komersil) + 31gr NaCl dengan media *double quenching* oli SAE 80W dan air hal tersebut sesuai asumsi awal dimana pada oli SAE 80W memiliki nilai kekentalan yang tinggi hal tersebut dapat menurunkan nilai kekerasan suatu material.

Hasil Uji Struktur Mikro

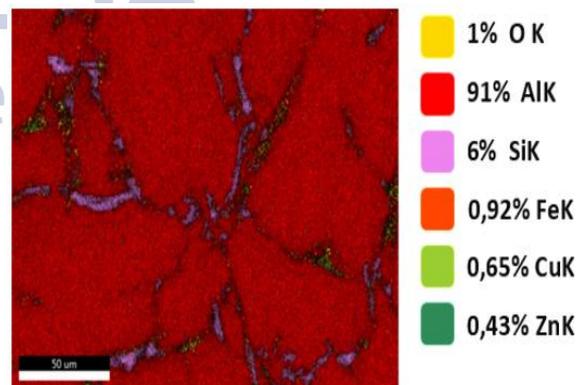
Uji struktur mikro dilakukan untuk melihat bagaimana kondisi struktur spesimen yang di teliti dari uji kekerasan. Spesimen yang dilihat struktur mikronya di ambil dari spesimen yang memiliki nilai kekerasan tertinggi dan terendah dari 2 campuran yaitu campuran pertama 3,5kg Al₆₀₆₁ + 1,5kg Al komersil + 31gr NaCl dan campuran kedua 4kg Al₆₀₆₁ + 1kg Al komersil + 31gr NaCl.

Campuran tersebut didapatkan nilai kekerasan tertinggi dari campuran pertama menggunakan *double quenching* oli SAE 20W dan air. Nilai kekerasan terendah pada *double quenching* oli SAE 80W dan air. Campuran kedua menghasilkan kekerasan tertinggi pada *double quenching* oli SAE 20W serta air dan terendah juga pada *double quenching* oli SAE 80W serta air. Berikut adalah hasil uji struktur mikro dari campuran yang ada.

- **Struktur mikro campuran pertama 3,5kg Al₆₀₆₁ + 1,5kg Al komersil + 31gr NaCl**
 - Oli SAE 20W dan air.



Gambar 6. Perbesaran Struktur Mikro Pada 300x, 600x, 1200x dan 2000x.

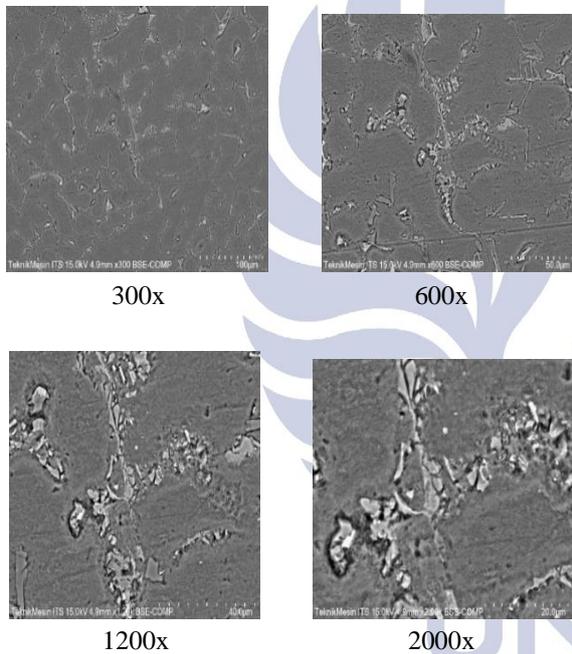


Gambar 7. Persebaran unsur kimia pada penyusun paduan 3,5kg Al₆₀₆₁ + 1,5kg Al komersil + 31gr NaCl dengan *double quenching* oli SAE 20W dan air.

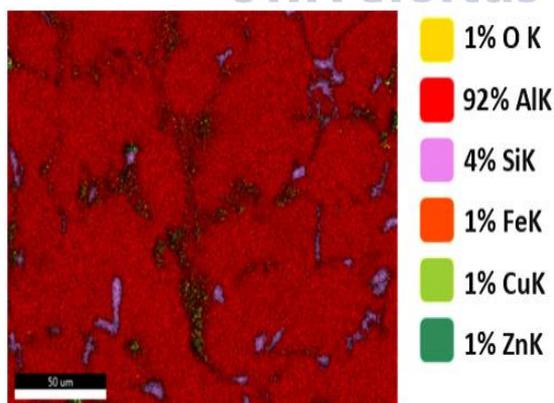
Masing-masing gambar setelah mendapatkan perbesaran yang dilakukan pada gambar 6 dengan perbesaran 300x terlihat untuk batas butir sangat rapat

dan teratur. Perbesaran di atasnya yaitu 600x memiliki struktur yang kurang teratur, setelah perbesaran 1200x dan perbesaran 2000x sangat terlihat struktur mikro dari paduan aluminium ini sangat tidak beraturan. Tetapi, pada gambar 7 sangat jelas dengan adanya warna pada gambar dapat dilihat bahwa struktur paduan ini memiliki berbagai komposisi kimia dimana Al terdapat 91% dari keseluruhan sifat kimia penyusun paduan ini. Selanjutnya Si terdapat 6% sifat kimia dari paduan. Untuk sifat kimia penyusun lainnya yaitu O terdapat 1%, Fe terdapat 0,92%, Cu terdapat 0,65% dan Zn terdapat 0,43% pada paduan Al₆₀₆₁. Jumlah total penyusun dari paduan aluminium ini dengan menggunakan *double quenching* Oli SAE 20W dan air adalah 100%.

▪ Oli SAE 80w dan air



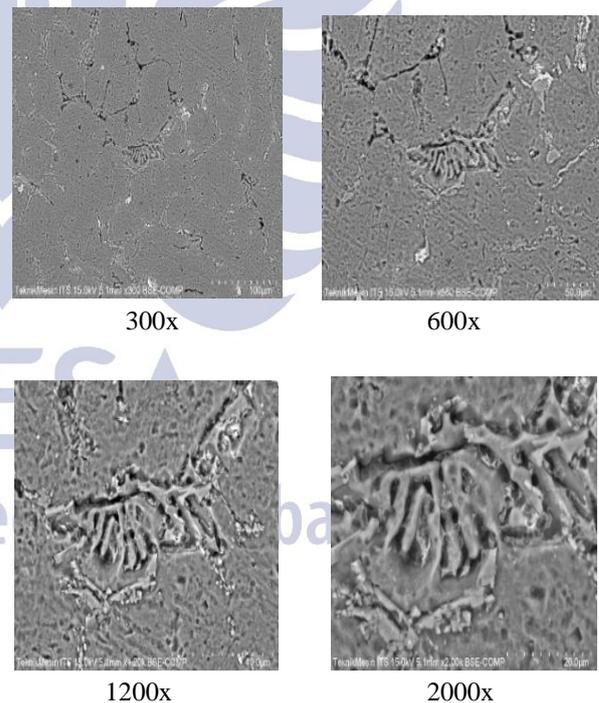
Gambar 8. Perbesaran Struktur Mikro Pada 300x, 600x, 1200x dan 2000x.



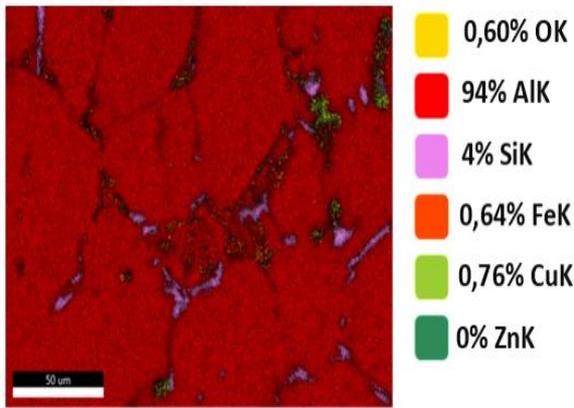
Gambar 9. Persebaran unsur kimia pada penyusun paduan 3,5kg Al₆₀₆₁ + 1,5kg Al komersil + 31gr NaCl dengan *double quenching* oli SAE 80W dan air.

Masing-masing gambar setelah mendapatkan perbesaran yang dilakukan pada gambar 8 dengan perbesaran 300x terlihat untuk batas butir sangat rapat dan teratur. Perbesaran di atasnya yaitu 600x memiliki struktur yang kurang teratur, setelah perbesaran 1200x dan perbesaran 2000x sangat terlihat struktur mikro dari paduan aluminium ini sangat tidak beraturan. Tetapi, pada gambar 9 sangat jelas dengan adanya warna pada gambar dapat dilihat bahwa struktur paduan ini memiliki berbagai komposisi kimia dimana Al terdapat 92% dari keseluruhan sifat kimia penyusun paduan ini. Selanjutnya Si terdapat 4% sifat kimia dari paduan. Untuk sifat kimia penyusun lainnya yaitu O, Fe, Cu, dan Zn masing-masing terdapat 1% pada paduan Al₆₀₆₁. Jumlah total penyusun dari paduan aluminium ini dengan menggunakan *double quenching* Oli SAE 80W dan air adalah 100%

- Struktur mikro campuran kedua 4 kg Al₆₀₆₁ + 1 kg Al komersil + 31 gr NaCl.
 - Oli SAE 20W dan air



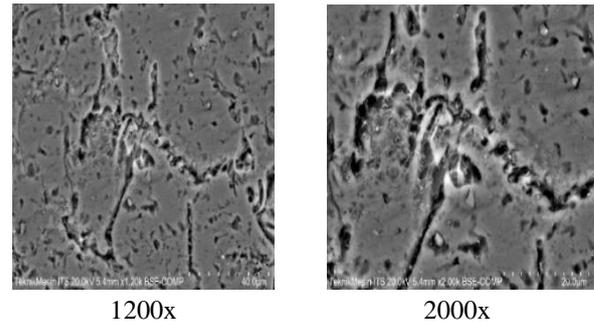
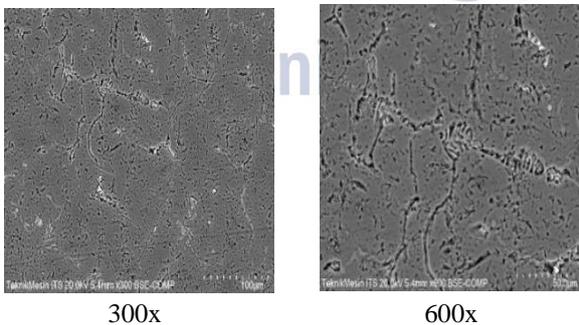
Gambar 10. Perbesaran Struktur Mikro Pada 300x, 600x, 1200x dan 2000x



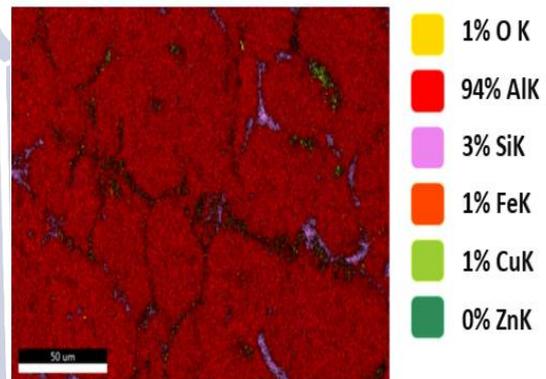
Gambar 11. Persebaran unsur kimia pada penyusun paduan 4kg Al₆₀₆₁ + 1kg Al komersil + 31gr NaCl dengan *double quenching* oli SAE 20W dan air.

Setelah mendapatkan perbesaran yang dilakukan pada gambar 10 dengan perbesaran 300x terlihat untuk batas butir sangat rapat dan teratur. Perbesaran di atasnya yaitu 600x memiliki struktur yang kurang teratur, setelah perbesaran 1200x dan perbesaran 2000x sangat terlihat struktur mikro dari paduan aluminium ini sangat tidak beraturan. Tetapi, pada gambar 11 sangat jelas dengan adanya warna pada gambar dapat dilihat bahwa struktur paduan ini memiliki berbagai komposisi kimia dimana Al terdapat 94% dari keseluruhan sifat kimia penyusun paduan ini. Selanjutnya Si terdapat 4% sifat kimia dari paduan. Untuk sifat kimia penyusun lainnya yaitu O terdapat 0,60%, Fe terdapat 0,64% dan Cu terdapat 76% tetapi pada paduan dengan komposisi campuran 4 kg Al₆₀₆₁ + 1 kg Al komersil + 31 gr NaCl tidak terdapat unsur Zn dalam penyusun paduan. Jumlah total penyusun dari paduan aluminium ini dengan menggunakan double quenching Oli SAE 20W dan air adalah 100%

▪ Oli SAE 80W dan air



Gambar 12. Perbesaran Struktur Mikro Pada 300x, 600x, 1200x dan 2000x



Gambar 13. Persebaran unsur kimia pada penyusun paduan 4 kg Al₆₀₆₁ + 1 kg Al komersil + 31 gr NaCl dengan *double quenching* oli SAE 20W dan air

Setelah mendapatkan perbesaran yang dilakukan pada gambar 12 dengan perbesaran 300x terlihat untuk batas butir sangat rapat dan teratur. Perbesaran di atasnya yaitu 600x memiliki struktur yang kurang teratur, setelah perbesaran 1200x dan perbesaran 2000x sangat terlihat struktur mikro dari paduan aluminium ini sangat tidak beraturan. Tetapi, pada gambar 13 sangat jelas dengan adanya warna pada gambar dapat dilihat bahwa struktur paduan ini memiliki berbagai komposisi kimia dimana Al terdapat 94% dari keseluruhan sifat kimia penyusun paduan ini. Selanjutnya Si terdapat 3% sifat kimia dari paduan. Untuk sifat kimia penyusun lainnya yaitu O, Fe dan Cu masing-masing terdapat 1% tetapi pada paduan dengan komposisi campuran 4kg Al₆₀₆₁ + 1kg Al komersil + 31gr NaCl tidak terdapat unsur Zn dalam penyusun paduan. Jumlah total penyusun dari paduan aluminium ini dengan menggunakan double quenching Oli SAE 20W dan air adalah 100%.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian efek perlakuan panas dengan variasi *double quenching* dan penambahan NaCl pada Al₆₀₆₁ yang mempengaruhi kekerasan material dan struktur mikro dari material penyusun *propeller*, sebagai berikut:

- Nilai kekerasan *Rockwell* didapat pada komposisi paduan 4kg (Al₆₀₆₁) + 1kg (Al Komersil) + 31gr (NaCl) dengan menggunakan *double quenching* Oli SAE 20W dan air yang memperoleh nilai sebesar 110,7HRB dan kekerasan terendah pada komposisi paduan 3,5kg (Al₆₀₆₁) + 1,5kg (Al Komersil) + 31gr (NaCl) dengan menggunakan *double quenching* Oli SAE 80W dan air yang memperoleh nilai kekerasan sebesar 50,3HRB. Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya jumlah kadar komposisi Al₆₀₆₁ serta semakin rendah suatu nilai viskositas Oli dapat meningkatkan kekerasan material. Nilai kekerasan *propeller* di pasaran yang mulanya 83,6 menjadi 110,7HRB jadi peningkatan nilai kekerasan menggunakan paduan ini sebesar 27,1HRB.
- Struktur mikro dari paduan 4kg (Al₆₀₆₁) + 1kg (Al Komersil) + 31gr (NaCl) yang memiliki nilai kekerasan tertinggi menggunakan *double quenching* Oli SAE 20W memiliki batas butir yang kurang rapat dan memiliki jumlah unsur penyusun 100% dengan unsur paling banyak unsur Al sekitar 94%, Unsur Si sekitar 4%, unsur O terdapat 0,60%, Fe terdapat 0,64% dan Cu terdapat 0,76% tanpa memiliki unsur Zn. Struktur mikro dari paduan 3,5kg (Al₆₀₆₁) + 1,5kg (Al Komersil) + 31gr (NaCl) yang memiliki nilai kekerasan terendah dari paduan ini yang menggunakan *double quenching* Oli SAE 80W memiliki batas butir yang cenderung rapat dan memiliki jumlah unsur penyusun 100% dengan unsur Al sekitar 92%, unsur Si 4%, unsur O, Fe, Cu dan Zn masing-masing 1%. Serta pada struktur mikro penambahan NaCl pada proses pengecoran tidak mempengaruhi unsur penyusun paduan tetapi membentuk unsur yang lain.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

- Pada proses pengecoran sebelum proses penuangan ke cetakan pasir diusahakan cairan bersih tidak ada kotoran ataupun terak yang ikut pada saat proses penuangan. Karena hal ini dapat menyebabkan struktur mikro paduan menjadi rusak.
- Pada saat proses penuangan dipastikan dilakukan dengan cepat tanpa ada jeda yang lama, karena cairan tersebut membeku dengan cepat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada Ayah dan Almh Ibu penulis atas dukungannya kepada Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin di UNESA, Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin UNESA, Prof. Dr. Ir. Hj. Aisyah Endah Palupi, M.Pd. selaku dosen pembimbing, Arya Mahendra Sakti, S.T.,

M.T. selaku dosen penguji 1, Tri Hartutuk Ningsih, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2 serta teman-teman TMA 2017 yang sudah memberikan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, Setya. 2017. *Pengaruh Perlakuan Panas Quenching dan Tempering Terhadap Laju Korosi Pada Baja AISI 420*. Yogyakarta. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Aziz, K. Kiryanto, and A. Santosa, 2017. *Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk, Komposisi dan Cacat Pengecoran Paduan Aluminium Flat Bar dan Limbah Kampas Rem dengan Menggunakan Cetakan Pasir dan Cetakan Hidrolik sebagai Bahan Komponen Jendela Kapal*. Semarang. Universitas Diponegoro
- Dynatech. 2018. *Pengujian Rockwell Hardness tester, Terhadap Logam*. Jakarta. www.dynatech-int.com
- Imawan, Dias. 2017. *Pengaruh Variasi Pendinginan Pada Proses Quenching Terhadap Nilai Kekerasan, Struktur Mikro Dan Ketangguhan Hasil Pengecoran Aluminium Limbah Piston*. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Kondo, Yan, Yusuf Siahaya & Johannes Leonard. 2012. *Analisis Investasi Pada Industrial Pengecoran Propeller Kapal (Studi Kasus: CV. Antero Jaya Sakti)*. Jurnal Mekanikal. Vol 03 (1): hal 231-239
- Nafi, Maula. 2016. *Analisis Kekerasan Al-6061 Hasil Cor Dengan Perlakuan Panas Double Quenching*. Mekanika- Jurnal Teknik Mesin. Vol 02 (2).
- Pambudi, Bayu Sinung, dkk. *Pengaruh Variasi Viskositas Oli Sebagai Media Pendingin Terhadap Sifat Kekerasan Pada Proses Quenching Baja AISI 4340*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Pramudita, Argi Eka. 2019. *Pengaruh Penambahan Garam (NaCl) Terhadap Sifat Mekanik Al 6061 Dengan Perlakuan Double Quenching Oli SAE 20W*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.
- Qubro, M Aliyudin. 2017. *Analisis Warna Dan Kekerasan Dari Pemberian Kadar Garam (NaCl) Pada Proses Pengecoran Propeller Dengan Material Aluminium (Al6061)*. JPTM. Vol 06 (02): hal 44-50.

Randhiko, Agy, Gunawan Dwi Haryadi, Yusuf Umardani. 2014. Pengaruh *post weld heat treatment* (PWHT) T6 pada Aluminium Alloy 6061-O dan Pengelasan *Longitudinal Tungsten Inert Gas* Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Jurnal Teknik Mesin Vol. 2, No. 3. Semarang. Universitas Diponego

Schweitzer, J. 2014. Scanning Electron Microscope. Artikel diakses pada 24 September 2020 dari <https://www.purdue.edu/ehps/rem/rs/sem.htm>

Suyanto, dkk. 2018. Analisis Sifat Mekanis Propeller Perahu Nelayan Tradisional Berbahan Aluminium. Semarang. Universitas Wahid Hasyim.

Wibowo, Dhimas Ilka Wahyu. 2016. Pengaruh Variasi Media *Quenching* Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Hasil *Remelting* Aluminium Paduan Berbasis Limbah Piston. Semarang. Universitas Negeri Semarang.

