

PENGARUH PENAMBAHAN GARAM (NaCl) TERHADAP SIFAT MEKANIK Al₆₀₆₁ DENGAN PERLAKUAN PANAS T6 *DOUBLE QUENCHING* OLI SAE 20W

Argi Eka Pramudita

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: argipramudita@mhs.unesa.ac.id

Aisyah Endah Palupi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: aisyahpalupi@unesa.ac.id

Abstrak

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, khususnya di bidang industri pengecoran logam, mengharuskan manusia untuk melakukan rekayasa guna memenuhi kebutuhan yang semakin kompleks dan berdasarkan permintaan pasar. Pengecoran logam yang sering dijumpai yaitu komponen mesin industri, komponen transportasi, dan rumah tangga. Komponen transportasi laut rata-rata terbuat dari aluminium dan aluminium cor seperti lambung kapal, sirip kemudi, dek, poros kemudi, baling-baling (*propeller*), dan lain-lain. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan kualitas ketangguhan *propeller* yang baik, salah satunya dengan memperbaiki unsur penyusunnya seperti Si, Mg, dan Mn. Bahkan ada suatu industri yang menerapkan sebuah metode dengan menambahkan unsur garam (NaCl) pada saat proses pengecoran untuk meningkatkan kekerasan dan warna yang lebih cerah pada hasil coran, namun belum diteliti secara ilmiah. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan garam pada paduan aluminium komersil dan Al₆₀₆₁ dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W terhadap nilai kekerasan dan ketangguhan material *propeller*. Penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif asosiatif yang bertujuan untuk mengetahui hubungan dua variabel atau lebih. Dalam penelitian ini, spesimen diberikan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W dan air yang dicelupkan secara berurutan terhadap material hasil cor yang telah ditambahkan dengan garam (NaCl) dengan kadar 11, 16, 21, 26, dan 31 gr, untuk mendapatkan nilai kekerasan dan ketangguhan yang lebih baik. Hasil penelitian, nilai kekerasan *Rockwell* tertinggi didapatkan dari penambahan kadar garam (NaCl) yaitu 31gr garam (NaCl) dengan komposisi paduan Al₆₀₆₁ (3,5kg)+Al Komersil (1,5kg) dan didapatkan nilai kekerasan sebesar 116 HRB. Pemilihan media pendingin yaitu oli SAE 20W dan air yang dicelupkan secara berurutan memberikan pendinginan yang optimal, serta perlakuan panas *aging* membantu unsur-unsur paduan dalam *solid solution* secara bertahap keluar dan membentuk *presipitat* yang dapat meningkatkan kekerasan paduan. Nilai *impact* tertinggi didapatkan dari penambahan kadar garam (NaCl) yaitu 21gr garam (NaCl) dengan komposisi paduan Al₆₀₆₁ (3,5kg) + Al Komersil (1,5kg) dan didapatkan nilai sebesar 0,049 *J/mm²*. Spesimen hasil pengecoran yang diberikan perlakuan panas cenderung menurun dibandingkan dengan *raw material*, hal ini diakibatkan karena proses penuaan dilakukan dalam waktu yang terlalu lama atau temperatur terlalu tinggi, sehingga mengakibatkan material *over aging*, menurunnya ketangguhan, dan membuat material menjadi getas.

Kata Kunci : kekerasan *rockwell*, *impact*, garam (NaCl), *double quenching*.

Abstract

The current development of science and technology, especially in the field of metal casting industry, requires humans to make engineering to meet increasingly complex needs and based on market demand. Metal foundry is often found, such as for industrial machinery components, transportation components, and households. The average marine transportation component is made of aluminum and cast aluminum such as ship hulls, steering fins, decks, steering shafts, propellers, and others. There are many ways that can be done to get a good propeller toughness quality, one of them is by improving its constituent elements such as Si, Mg, and Mn. There is even an industry that applies a method by adding salt (NaCl) during the casting process to increase the hardness and brighter colors of the castings, but has not been scientifically studied. The purpose of this study is to determine the effect of the addition of salt to commercial aluminum alloys and Al₆₀₆₁ by T6 double quenching SAE 20 W oil heat treatment toward the value of propeller material hardness and toughness. This study uses associative descriptive data analysis that aims to determine the relationship between two or more variables. In this study, specimens were given T6 heat treatment which focused on the double quenching process in the form of SAE 20W oil and water dipped sequentially into cast material that has been added with salt (NaCl) with portion, 11, 16, 21, 26, and 31gr, to get a better value of hardness and toughness. Based on the results of the study, the highest Rockwell hardness value is owned by adding salt (NaCl) is 31gr salt (NaCl) with the composition of Al₆₀₆₁ (3.5kg) + Al Commercial (1.5kg) and got hardness value which is 116 HRB. The selection of quenching (cooling down process) media in the form of SAE 20W oil and water which is dipped sequentially can giving optimal cooling process, and heat aging treatment helped alloy elements in the

solid solution to gradually come out and form precipitates which can increase alloy hardness. The highest impact value is owned by mixing the alloy composition of 21gr salt (NaCl) with alloy composition of Al₆₀₆₁ (3.5kg) + commercial Al (1.5kg) is 0,049 J/mm^2 . The foundry specimens given heat treatment tend to decrease compared to the raw material that is not treated, this is because the aging process is carried out in too long a time or the temperature is too high resulting in material over aging, reduced toughness, and makes the material brittle.

Keywords: thickness rockwell, impact, salt (NaCl), double quenching

PENDAHULUAN

Banyak industri pengecoran aluminium yang melayani permintaan untuk pembuatan komponen transportasi laut seperti kapal dan perahu, karena transportasi ini sering digunakan utamanya bagi wilayah kepulauan. Transportasi laut merupakan sarana yang paling efektif karena luas wilayah yang didominasi lautan, sehingga kapal mempunyai peranan penting dalam mobilitas penduduk, barang, dan jasa (Pius Honggo Wijoyo, 2012).

Secara umum paduan aluminium diklasifikasi menjadi dua kelompok yaitu paduan aluminium tempa (*wrought aluminium alloy*) dan paduan aluminium cor atau tuang (*cast aluminium alloy*), dan proses pengecoran aluminium juga ada dua yaitu pengecoran dengan cetakan non-permanen dan permanen (*die casting*). Pengecoran dengan menggunakan cetakan non-permanen biasanya menggunakan cetakan pasir (*sand casting*). Pengecoran logam yang sering dijumpai yaitu komponen mesin industri, komponen transportasi, dan rumah tangga. Komponen transportasi laut rata-rata terbuat dari aluminium dan aluminium cor seperti pada lambung kapal, sirip kemudi, dek, poros kemudi, baling-baling (*propeller*), dan lain-lain.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sifat mekanik suatu paduan adalah komposisi kimia, perlakuan panas (*heat treatment*), proses pengecoran dan proses pengerjaan. Mengubah komposisi kimia sampai batas tertentu dan memberikan perlakuan panas, menyebabkan sifat mekanik paduan akan menjadi lebih baik sesuai dengan yang diinginkan. Hasil cor aluminium mudah mengalami perubahan dimensi, menurunnya kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap korosi. Untuk mengatasi hal tersebut serta meningkatkan kekuatan dan keuletan, hasil cor diproses termal dengan satu pemanasan atau lebih yang diikuti pendinginan.

Propeller merupakan salah satu komponen mesin yang memegang peranan penting dalam konstruksi kapal. Dipasang pada poros yang dihubungkan langsung dengan mesin kapal. Jika mesin kapal dihidupkan, maka poros *propeller* akan berputar, kecepatan putaran *propeller* sama dengan putaran poros dimana kecepatan putaran poros bergantung pada kecepatan putaran mesin kapal. Sehingga kapal laut mendapatkan tenaga untuk bergerak. Dengan

demikian *propeller* mempunyai fungsi yang sangat besar, karena kecepatan kapal dipengaruhi oleh kondisi *propeller* (Kondo Yan dkk, 2012: 1).

Propeller umumnya terbuat dari perunggu atau kuningan, tetapi ada juga yang terbuat dari aluminium, karena sifatnya yang tangguh, anti korosi dan *machinability*. Aluminium yang sering digunakan adalah Al₆₀₆₁ hal ini disebabkan karena material ini mempunyai kekuatan tarik 12,6 kgf/mm^2 dan juga mempunyai titik cair yang sangat rendah yaitu 660°C, sehingga mudah untuk diproses (Surdia Tata & Shinroku Saito, 1984).

Ide penelitian ini didasari dari proses yang dilakukan pada sebuah bengkel UKM di daerah Klampis Surabaya dengan usaha di bidang pengecoran aluminium, dimana selama proses pengecoran maupun *melting* pada aluminium diberi campuran garam (NaCl). Menurut M. Aliyudin Qubro (2017) pemberian komposisi paduan bahan dan jumlah kadar garam (NaCl) mempunyai pengaruh terhadap hasil pengecoran *propeller* baik berupa warna maupun kekerasan. Sedangkan menurut Syahidi Iswanto (2018) mengemukakan bahwa Pada penambahan 21gram garam (NaCl) memberikan nilai ketangguhan impak tertinggi serta penambahan paduan aluminium komersil pada proses pengecoran membantu aluminium dalam memperbaiki komposisi material khususnya unsur Si (Silikon) yang berperan dalam membentuk dendrit.

Maulana Nafi (2016) menjelaskan tentang analisis kekerasan Al₆₀₆₁ hasil cor dengan diberikan perlakuan panas *double quenching* yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan aluminium Al₆₀₆₁ hasil coran dan didapatkan nilai kekerasan tertinggi yaitu dengan variasi media oli SAE 40. Menurut Pambudi, Bayu Sinung, dkk pada proses *quenching*, media pendingin sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan material yang diuji, dalam penelitian ini menjelaskan tentang perbedaan viskositas oli sebagai media pendingin, nilai viskositas itu sendiri dapat mempengaruhi ukuran butir dari struktur mikro material uji, adapun nilai kekerasan tertinggi pada material AISI 4340 terjadi ketika proses *quenching* menggunakan oli SAE 20 karena viskositas rendah membuat struktur martensit lebih mudah terbentuk dan strukturnya lebih halus dibanding dengan oli

SAE 40 dan SAE 90. Menurut Anzip, Arino, Suhariyanto (2006) penambahan Manganese (Mn) dan perlakuan T6 meningkatkan sifat mekanik paduan aluminium A356.

Berdasarkan permasalahan dan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan mencari pengaruh penambahan kadar garam (NaCl) terhadap nilai kekerasan dan ketangguhan material aluminium dengan melihat variabel-variabel yang berpengaruh sesuai yang telah dijabarkan.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Bagaimanakah pengaruh penambahan garam (NaCl) pada paduan aluminium komersil dan Al₆₀₆₁ dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20 W terhadap nilai kekerasan material *propeller*?
- Bagaimanakah pengaruh penambahan garam (NaCl) pada paduan aluminium komersil dan Al₆₀₆₁ dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20 W terhadap nilai ketangguhan material *propeller*?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui:

- Pengaruh penambahan garam (NaCl) pada paduan aluminium komersil dan Al₆₀₆₁ dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20 W terhadap nilai kekerasan material *propeller*.
- Pengaruh penambahan garam (NaCl) pada paduan aluminium komersil dan Al₆₀₆₁ dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20 W terhadap nilai ketangguhan material *propeller*.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah menggunakan metode deskriptif asosiatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai kekerasan dan ketangguhan material Al₆₀₆₁, dengan :

- Uji komposisi kimia material.
- Metode pengujian kekerasan dengan menggunakan alat *Rockwell Hardness Tester* skala HRB menggunakan standar DIN 50103.
- Metode pengujian *impact* dalam penelitian ini mengacu pada *ASTM E23-07a*.

Tempat dan Waktu Penelitian

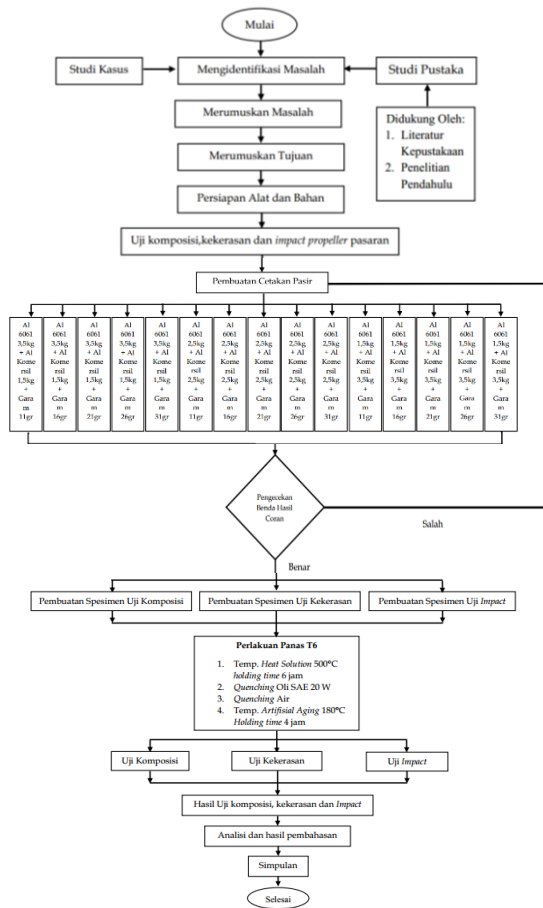
- Tempat Penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat, yaitu: Proses pengecoran dan pembuatan spesimen di Bengkel UKM pengecoran Aluminium Jl. Klampis Ngasem 7/1 Surabaya, uji komposisi dilakukan di BPKI, pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, dan uji ketangguhan *impact* dilakukan di Universitas Brawijaya (UB).
- Waktu
Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember – Maret 2019.

Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah terhadap hasil pengecoran Al₆₀₆₁ dengan penambahan garam (NaCl) dan aluminium komersil.

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
 - Komposisi aluminium murni Al₆₀₆₁ yaitu 1.5, 2.5, dan 3.5kg.
 - Komposisi aluminium komersil yaitu 1.5, 2.5 kg, dan 3.5 kg.
 - Kadar garam (NaCl) yaitu 11, 16, 21, 26, dan 31 gr.
- Variabel Terikat
 - Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekerasan dan nilai ketangguhan Al₆₀₆₁ dengan variasi paduan aluminium komersil dan variasi penambahan kadar garam (NaCl).
- Variabel Kontrol
 - Jenis aluminium murni dengan tipe Al₆₀₆₁.
 - Aluminium paduan menggunakan jenis aluminium komersil (blok motor).
 - Garam yang digunakan adalah garam kristal (bukan garam yodium).
 - Spesimen atau benda uji dibuat dengan proses pengecoran cetakan pasir dan didinginkan secara cepat dengan *quenching* oli SAE 20 W dan air.
 - Metode pengujian kekerasan dengan menggunakan alat *Rockwell Hardness Tester* skala HRB.
 - Uji ketangguhan menggunakan alat uji *impat test* dengan standar *ASTM E23-07a*.

Flowchart Penelitian

Gambar 1. Flowchart penelitian

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif asosiatif. Dalam penelitian, dapat dibangun suatu teori yang dapat berfungsi untuk menjelaskan, meramalkan dan mengontrol suatu gejala (Sugiono, 2014:55).

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Pengujian *propeller* aluminium produk pasaran dan Al₆₀₆₁ dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan nilai kekerasan *Rockwell* dan ketangguhan *impact* yang dihasilkan dari *propeller* hasil penelitian dan *propeller* yang dijual di pasaran, sehingga didapatkan hasil pengujiannya sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil uji kekerasan *Rockwell propeller* aluminium produk pasaran

Benda Uji	Kondisi Indentasi	Indentasi (in Ball)	HRb	HRb rata-rata
Propeller aluminium produk pasaran	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	62.9	61.7
		1/16	61.8	
		1/16	62.5	
		1/16	60.2	
		1/16	61	

Tabel 2. Hasil uji kekerasan *Rockwell* Al₆₀₆₁

Benda Uji	Kondisi Indentasi	Indentasi (in Ball)	HRb	HRb rata-rata
Al ₆₀₆₁	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	92.5	92.4
		1/16	91.4	
		1/16	92.8	
		1/16	93.4	
		1/16	91.8	

- Hasil pengujian kekerasan yang dipengaruhi oleh pencampuran variasi paduan aluminium komersil dan penambahan kadar garam (NaCl) serta diberikan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W

Tabel 3. Hasil uji kekerasan *Rockwell* bahan 1 dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W

Massa Al ₆₀₆₁ (kg)	Massa paduan (Al komersil) (kg)	Massa NaCl (gr)	Kondisi Indentasi	Indentasi (In Ball)	HRb	HRb rata-rata
3,5	1,5	11	P = 100kg t = 5 detik	1/16	104.2	103.8
				1/16	103.1	
				1/16	102.6	
				1/16	102.8	
				1/16	103.6	
		16	P = 100kg t = 5 detik	1/16	103.8	104.2
				1/16	103.9	
				1/16	103.8	
				1/16	105.4	
				1/16	104.2	
		21	P = 100kg t = 5 detik	1/16	103.7	104.8
				1/16	105.6	
				1/16	105.2	
				1/16	104.7	
				1/16	104.9	
		26	P = 100kg t = 5 detik	1/16	103.8	105.1
				1/16	105.2	
				1/16	104.6	
				1/16	106	
				1/16	106.2	
		31	P = 100kg t = 5 detik	1/16	105.4	105.3
				1/16	106.3	
				1/16	106.4	
				1/16	103.8	
				1/16	104.8	

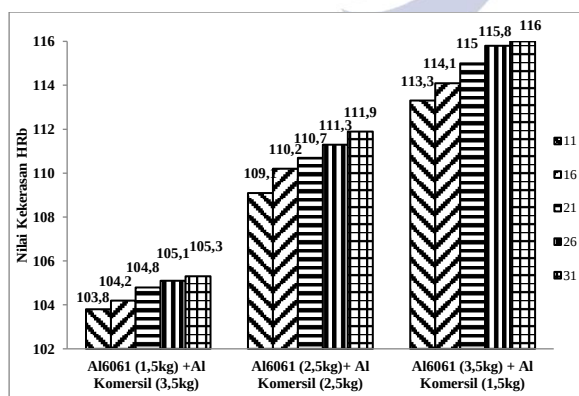
Tabel 4. Hasil uji kekerasan *Rockwell* bahan 2 dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W

Massa Al ₆₀₆₁ (kg)	Massa paduan (Al komersil) (kg)	Massa NaCl (gr)	Kondisi Indentasi	Indentasi (In Ball)	HRb	HRb rata-rata
2,5	(2,5kg)	11	P = 100kg t = 5 detik	1/16	108.7	109.1
				1/16	108.4	
				1/16	109.7	
				1/16	108.8	
				1/16	109.9	
		16	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	109.6	110.2
				1/16	110	
				1/16	110.7	
				1/16	110.9	
				1/16	109.9	
		21	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	108.9	110.7
				1/16	111.2	
				1/16	112.4	
				1/16	108.2	
				1/16	112.6	
		26		1/16	111.4	111.3

Massa Al ₆₀₆₁ (kg)	Massa paduan (Al komersil) (kg)	Massa NaCl (gr)	Kondisi Indentasi	Indentasi (In Ball)	HRb	HRb rata-rata
			P = 100kg t = 5 dtk	1/16	113.2	
				1/16	109.1	
				1/16	111.3	
				1/16	110.6	
		31	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	111.6	111.9
				1/16	109.9	
				1/16	114.2	
				1/16	112.1	
				1/16	111.7	
				1/16	111.7	

Tabel 5. Hasil uji kekerasan Rockwell bahan 3 dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W

Massa Al ₆₀₆₁ (kg)	Massa paduan (Al komersil) (kg)	Massa NaCl (gr)	Kondisi Indentasi	Indentasi (In Ball)	HRb	HRb rata-rata
3,5	1,5	11	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	113.2	113.3
				1/16	115.5	
				1/16	114.3	
				1/16	109.7	
		16	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	113.8	114.1
				1/16	110.5	
				1/16	114.4	
				1/16	115.8	
		21	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	115.6	115
				1/16	114.2	
				1/16	112.6	
				1/16	114	
		26	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	115.4	115.8
				1/16	116.8	
				1/16	116.2	
				1/16	113.8	
		31	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	115.6	116
				1/16	116.8	
				1/16	115.9	
				1/16	117	
		31	P = 100kg t = 5 dtk	1/16	115.2	116
				1/16	116.4	
				1/16	118.9	
				1/16	115.6	



Gambar 2. Perbandingan nilai kekerasan Rockwell variasi komposisi paduan bahan diberikan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W

Pengaruh komposisi paduan bahan dan jumlah kadar garam (NaCl) serta diberikan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W berpengaruh terhadap nilai kekerasan hasil coran, dapat dilihat pada gambar 2. Material hasil coran diberikan perlakuan

panas T6 dengan temperatur *heat solutioning* 500°C dengan waktu tahan selama 6 jam, dilanjutkan dengan *double quenching* lalu dipanaskan lagi *artifisial aging* dengan temperatur 180°C dengan waktu tahan 4 jam, namun pada penelitian ini difokuskan pada perlakuan panas T6 *double quenching* dengan media pendingin berupa oli SAE 20W dan air, yang dicelupkan secara berurutan. diperoleh kenaikan nilai kekerasan yang cukup signifikan dibandingkan dengan *raw material* yang tidak diberi perlakuan.

Pada gambar 2. menunjukan nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh komposisi paduan Al₆₀₆₁ (3,5kg) + Al Komersil (1,5kg) + 31gr garam (NaCl) dengan nilai yaitu 116 HRb dan nilai kekerasan terendah paduan bahan Al₆₀₆₁ (1,5kg) + Al Komersil (3,5kg) + 11gr garam (NaCl) yaitu 103,8 HRb.

Nilai kekerasan terendah terjadi pada pengecoran *propeller* dengan campuran garam (NaCl) 11 gram. Hal tersebut sudah sesuai dengan asumsi awal, bahwa komposisi paduan aluminium komersil yang banyak menyebabkan nilai kekerasan menjadi rendah. Kecepatan pendinginan serta nilai viskositas (kekentalan) media pendingin dalam proses *quenching* berpengaruh terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan. Laju pendinginan oli SAE 20W memiliki viskositas yang rendah menyebabkan perpindahan panas yang lambat sehingga akan meminimalkan beragam tegangan yang timbul yang dapat mengurangi terjadinya retak dan distorsi serta pada saat yang sama mampu menyediakan laju perpindahan panas yang cukup untuk mendapatkan sifat akhir hasil *quenching* seperti kekerasan. Pemilihan media pendingin berupa oli SAE 20W dan air yang dicelupkan secara berurutan memberikan pendinginan yang optimal. Selain media pendingin perlu diperhatikan bahwa pemilihan waktu dalam proses *aging* juga berpengaruh, hal ini disebabkan karena waktu dilakukannya proses *aging* dapat menyebabkan perbedaan pada jenis, fraksi volume, ukuran dan distribusi partikel endapan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi struktur akhir dan menghasilkan sifat mekanik yang berbeda. Pada proses *aging*, unsur-unsur paduan dalam *solid solution* secara bertahap keluar dan membentuk *presipitat* yang dapat meningkatkan kekerasan paduan.

- Hasil pengujian *impact* yang dipengaruhi oleh pencampuran variasi paduan aluminium komersil dan penambahan kadar garam (NaCl) serta diberikan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W.

Tabel 6. Hasil uji *impact propeller* aluminium produk pasaran dan Al₆₀₆₁

Benda Uji	Spesimen	Nilai Uji <i>impact</i> (x)
Propeller aluminium produk pasaran	1	0,0491 J/mm ²
Al ₆₀₆₁	1	0,0613 J/mm ²

Tabel 7. Hasil uji *impact* bahan 1 dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W (Joule/mm²)

Massa Al ₆₀₆₁ (kg)	Massa paduan (Al komersil) (kg)	Massa (NaCl) (gr)	Spesimen	Nilai Uji <i>impact</i> (x)	rata-rata uji <i>impact</i> (x)
1,5	3,5	11	A1	0,0292	0,0312
			A2	0,0295	
			A3	0,0351	
		16	B1	0,0316	0,0318
			B2	0,0326	
			B3	0,0312	
		21	C1	0,0356	0,0345
			C2	0,0340	
			C3	0,0340	
		26	D1	0,0396	0,0331
			D2	0,0369	
			D3	0,0229	
		31	E1	0,0366	0,0321
			E2	0,0299	
			E3	0,0299	

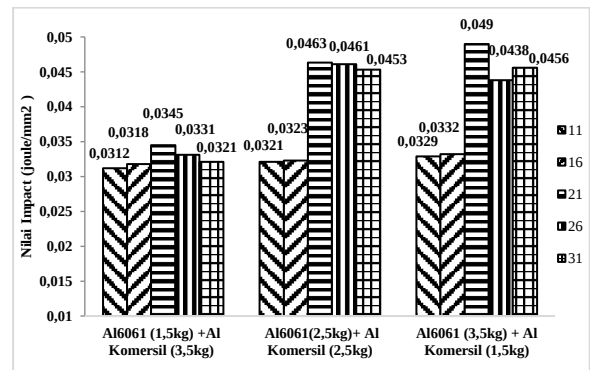
Tabel 8. Hasil uji *impact* bahan 2 dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W (Joule/mm²)

Massa Al ₆₀₆₁ (kg)	Massa paduan (Al komersil) (kg)	Massa (NaCl) (gr)	Spesimen	Nilai Uji <i>impact</i> (x)	rata-rata uji <i>impact</i> (x)
2,5	2,5	11	A1	0,0293	0,0321
			A2	0,0300	
			A3	0,0370	
		16	B1	0,0300	0,0323
			B2	0,0299	
			B3	0,0370	
		21	C1	0,0499	0,0463
			C2	0,0447	
			C3	0,0443	
		26	D1	0,0447	0,0461
			D2	0,0494	
			D3	0,0443	
		31	E1	0,0426	0,0453
			E2	0,0443	
			E3	0,0490	

Tabel 9. Hasil uji *impact* bahan 2 dengan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W (Joule/mm²)

Massa Al ₆₀₆₁ (kg)	Massa paduan (Al komersil) (kg)	Massa (NaCl) (gr)	Spesimen	Nilai Uji <i>impact</i> (x)	rata-rata uji <i>impact</i> (x)
3,5	1,5kg	11	A1	0,0299	0,0329
			A2	0,0338	
			A3	0,0350	
		16	B1	0,0340	0,0332
			B2	0,0330	
			B3	0,0327	
		21	C1	0,0470	0,0490
			C2	0,0451	
			C3	0,0550	
		26	D1	0,0510	0,0483
			D2	0,0460	
			D3	0,0480	
		31	E1	0,0421	0,0456

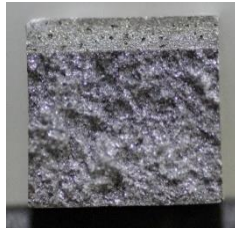
Massa Al ₆₀₆₁ (kg)	Massa paduan (Al komersil) (kg)	Massa (NaCl) (gr)	Spesimen	Nilai Uji <i>impact</i> (x)	rata-rata uji <i>impact</i> (x)
			E2	0,0451	0,0497
			E3	0,0497	

Gambar 3. Perbandingan nilai *impact* variasi komposisi paduan bahan diberikan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W

Pengaruh komposisi paduan bahan dan jumlah kadar garam (NaCl) serta diberikan perlakuan panas T6 *double quenching* oli SAE 20W berpengaruh terhadap nilai *impact* hasil coran. Material hasil coran diberikan perlakuan panas T6 dengan temperatur *heat solutioning* 500°C dengan waktu tahan selama 6 jam, kemudian dilanjutkan dengan *double quenching* lalu dipanaskan lagi *artificial aging* dengan temperatur 180°C dengan waktu tahan 4 jam, namun pada penelitian ini difokuskan pada perlakuan panas T6 *double quenching* dengan media pendingin berupa oli SAE 20W dan air, yang dicelupkan secara berurutan.

Hasil uji *impact* didapatkan nilai terendah dimiliki oleh pecampuran komposisi paduan bahan Al₆₀₆₁ (1,5kg) + Al komersil (3,5kg) + 11gr garam (NaCl) yaitu 0,0312 J/mm² dan nilai tertinggi dimiliki oleh pecampuran komposisi paduan bahan Al₆₀₆₁ (3,5kg) + Al komersil (1,5kg) + 21gr garam (NaCl) yaitu 0,049 J/mm².

Nilai ketangguhan tertinggi dimiliki oleh pengecoran *propeller* dengan campuran garam (NaCl) 21 gram, pemberian unsur garam (NaCl) terlalu banyak memberikan pengaruh yang tidak baik, sehingga pada diagram batang terjadi penurunan pada penambahan garam 26 dan 31 gr garam (NaCl). Garam membantu aluminium dalam mencegah terjadinya oksidasi pada unsur logam yang penting yang dikandungnya. Dalam proses pengecoran, garam membantu mengikat unsur pengotor dari aluminium lalu dibuang melalui terak cor.



Gambar 4. struktur makro nilai terendah



Gambar 5. struktur makro nilai tertinggi

Gambar 4 dan 5 spesimen hasil coran yang mengalami perlakuan panas T6 dengan pembesaran 31 kali sama-sama menunjukkan bentuk perpatahan getas (*brittle fracture*) yang jika diamati tidak ada atau sedikit terjadi *deformasi plastis*, permukaan patahan umumnya datar dan struktur patahan berbentuk *granular* atau *kristalin* yang berarti, bahwa spesimen memiliki kekuatan dan kekerasan tinggi, tapi ketangguhan perpatahan rendah. Hal ini disebabkan material hasil coran yang telah di *artificial aging* dengan media *quenching* oli SAE 20W dan air yang dicelupkan secara berurutan menghasilkan sifat spesimen dengan kekuatan dan kekerasan tinggi (kuat) tapi getas dibandingkan dengan *raw material* yang tidak di beri perlakuan *artificial aging*, ini menandakan material hasil coran aluminium yang diberi perlakuan *artificial aging* dengan media pendingin oli dan air kegetasannya meningkat, semakin getas suatu material maka keuletanya akan semakin rendah.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh komposisi paduan bahan dan jumlah kadar garam (NaCl) serta diberikan perlakuan T6 *double quenching* oli SAE 20W mempengaruhi nilai kekerasan dan *impact* material *propeller*, yaitu sebagai berikut:

- Nilai kekerasan *Rockwell* tertinggi didapatkan dari penambahan kadar garam (NaCl) yaitu 31gr garam (NaCl) dengan komposisi paduan Al₆₀₆₁ (3,5kg)+Al Komersil (1,5kg) dan didapatkan nilai kekerasan sebesar 116 HRb. Besarnya persentasi kenaikan nilai kekerasan spesimen yang telah mengalami perlakuan terhadap spesimen *raw material* aluminium *propeller* produk pasaran (61,7 HRb) dan Al₆₀₆₁ (92,4 HRb) berturut-turut adalah sebesar 88% dan 25,5%. Pemilihan media pendingin berupa oli SAE 20W dan air yang dicelupkan secara berurutan memberikan pendinginan yang optimal, serta perlakuan panas *aging* membantu unsur-unsur paduan dalam *solid solution* secara

bertahap keluar dan membentuk *presipitat* yang dapat meningkatkan kekerasan paduan.

- Nilai *impact* tertinggi didapatkan dari penambahan kadar garam (NaCl) yaitu 21gr garam (NaCl) dengan komposisi paduan Al₆₀₆₁ (3,5kg) + Al Komersil (1,5kg) dan didapatkan nilai sebesar 0,049 J/mm². Spesimen hasil pengecoran yang diberikan perlakuan panas cenderung menurun dibandingkan dengan *raw material* aluminium *propeller* produk pasaran (0,0491J/mm²) dan Al₆₀₆₁ (0,0613J/mm²) yang tidak mengalami perlakuan, besarnya penurunan persentasi nilai ketangguhan berturut-turut sebesar 0,2% dan 20%. Hal ini diakibatkan oleh proses penuaan yang dilakukan dalam waktu terlalu lama atau temperatur terlalu tinggi, sehingga mengakibatkan material *over aging*, menurunnya ketangguhan, dan membuat material menjadi getas.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

- Sebaiknya dalam proses pengecoran suhu tungku peleburan dan lama waktu peleburan lebih diperhatikan.
- Sebelum cairan dituangkan dalam cetakan pastikan cairan aluminium bersih dari terak dan kotoran.
- Pada saat penuangan diusahakan jarak kowi tidak terlalu jauh dan tidak terlalu dekat dari lubang cetakan agar cairan dapat masuk dengan baik dan mendapatkan hasil yang bagus sesuai dengan yang diharapkan
- Diharapkan penelitian ini dilanjutkan dengan pengujian struktur mikro dan pengamatan terhadap laju korosi material hasil pengecoran.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International Standards_____. 2007. ASTM E23-07a: *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. United State.
- Bates, C.E., Totten, G.E. 1992. *Application of Quench Factor Analysis To Predict hardness Under Laboratory and Production Conditions, The First International Conference on Quenching & Control Distortion*. Chicago. Illionis.
- David W. Oxtoby, H. P. Gillis, Norman H. Nachtrieb. 2003. *Prinsip-prinsip Kimia Modern Edisi Keempat Jilid 2*. (Alih Bahasa: Suminar Setiati Achmadi, Ph. D). Jakarta: Erlangga.
- Ika, wahyuni, Ahmad Barkati Rojul, Erlin Nasocha. 2008. *Uji Kekerasan Metode Rockwell*.

- Iswanto, Syahidi. 2018. *Analisis Variasi Kadar Garam Pada Proses Pengecoran Terhadap Ketangguhan Material Propeller Aluminium Al6061 Dengan Metode Uji Impak ASTM E23-07a*. PTM. Vol 06 (3): hal 186-191.
- Kirono, Sasi, Agung Julianto. 2008. *Analisa Sifat Karakteristik Blok Silinder Liner Bahan Aluminium Silikon*. Vol 02 (1).
- Kondo, Yan, Yusuf Siahaya, dan Johannes Leonard. 2012. *Analisis Investasi Pada Industrial Pengecoran Propeller Kapal (Studi Kasus CV Antero Jaya Sakti)*. Jurnal Mekanikal. Vol 03 (1): hal 231-239
- MacKenzie, D.S., Totten, G.E. 2003. *Handbook of Aluminum Vol.1 – Physical Metallurgy and Processes*. New York: Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- 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.
- Qubro, M Aliyudin. 2017. *Analisis Warna Dan Kekerasan Dari Pemberian Kadar Garam (NaCl) Pada Proses Pengecoran Propeller Dengan Material Aluminium (Al 6061)*. JPTM. Vol 06 (02): hal 44-50.
- Satriani, Ajeng Fitria, Bayuseno, Athanasius Priharyoto. 2016. *Pengaruh Penambahan Unsur Silikon (Si) Pada Shaft Propeller Berbahan Dasar Al-Mg-Si*. Jurnal Teknik Mesin S-1. Vol 04(2).
- Schönmetz, A. 2012. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Bandung: Angkasa.
- Schwartz, Mel M. 1992. *Composite Materials Handbook*.
- Simatupang, Fajar Siddiq Azhari. *Pengaruh penambahan unsur Mg dan Si pada Al terhadap kekuatan impak dan kekerasan*. Medan. Sekolah Tinggi Teknik Harapan Medan.
- Subiyantoro, S. 2001. *Mengenal Lebih Jauh Tentang Garam*. BPPP Banyuwangi. Jawa Timur.
- Sudjana, Hardi. 2008. a. *Teknik Pengecoran Logam*. Jilid 1. Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Sudjana, Hardi. 2008. a. *Teknik Pengecoran Logam*. Jilid 2. Direktorat Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Sudjana, Hardi. 2008. a. *Teknik Pengecoran Logam*. Jilid 3. Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1986. *Teknik Pengecoran Logam*. Edisi Kedua. Bandung. PT. Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1984. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan kelima. Jakarta PT. Pradnya Paramita.
- Wijoyo, Pius Honggo. 2012. *Landasan Konseptual Perencanaan Dan Perancangan Terminal Penumpang Kapal Laut Pelabuhan “Harbour Bay” Pulau Batam*. Yogyakarta. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Yuniarti, Y. 1998. *Penggunaan Soda dan Kapur untuk Menurun Impuritas pada Garam Rakyat* Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. ITS Surabaya.