

Study Pengaruh Penambahan Mg pada AL6061 Terhadap Sifat Mekanis, Hardness, dan Impact Aplikasi Baling-baling Perahu Ketek

Nurrohmad¹, Didik Sugion¹, Shultoni Mahardika¹ dan Marjuki¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Qomaruddin Gresik
Jl. Raya Bungah No.1 Desa Bungah, Kec. Bungah, Kab. Gresik, Jawa Timur 61152, Indonesia

E-mail: didik@uqgresik.ac.id

Abstrak-- Perahu merupakan alat transportasi untuk penyeberangan sungai dan nelayan, dimana komponen penggerak utama baling-baling, permasalahan baling-baling ini bisa retah dan patah diakibatkan benturan dengan benda lain. Dengan permasalahan diatas peneliti melakukan studi rekayasa paduan material antara Al6061 bekas dan penambahan unsur Magnesium. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui apakah penambahan Mg berpengaruh terhadap sifat mekanik dan komposisi unsur penyusun suatu material paduan berdasarkan hasil peleburan kembali Al6061 bekas dengan menggunakan metode studi eksperimen, yaitu proses pengecoran menggunakan suhu 650°C-700°C dan Jumlah Mg yang ditambahkan bervariasi 5%, 15%, dan 25% kemudian sifat mekanik dianalisis melalui pengujian kekuatan impact dan kekerasan rockwell serta pengujian komposisi menggunakan spektrometer emisi optik PDA-7000. Hasil unsur penyusun komposisi paduan yang dominan antara lain Carbon, Magnesium dan Aluminium, hasil pengujian impact terjadi adanya kenaikan nilai impact disetiap penambahan prosentase Magnesium, hal ini menunjukkan bahwa material memiliki ketangguhan, keuletan dan tahan terhadap beban kejut. Nilai impact terkecil diperoleh untuk perubahan 5 %Mg sebesar 12,70 Nm/cm², sedangkan nilai kekuatan impact tertinggi sebesar 16,13 Nm/cm² pada 25%Mg. Hasil kekerasan terjadi penurunan setiap penambahan magnesium dimana 5% Mg 93 HR, 15%Mg 77 HR, dan 25%Mg 38,33 HR.

Kata kunci: Al6061, Magnesium, Pengecoran, Impact, Rockwell

Abstract-- Boats are a means of transportation for crossing rivers and fishermen, where the main driving component is the propeller, the problem with this propeller is that it can crack and break due to collisions with other objects. With the issues above, the researchers conducted a material alloy engineering study between the used Al6061 and the addition of the element Magnesium. The purpose of this study was to find out whether the addition of Mg affected the mechanical properties and composition of the constituent elements of an alloy material based on the results of remelting using Al6061 using the experimental study method, namely the casting process using a temperature of 650°C-700°C and the amount of Mg added varied. 5%, 15%, and 25% then the mechanical properties were analyzed by testing the impact strength and Rockwell hardness and the composition using an optical emission spectrometer PDA-7000. The results of the dominant elements composing the alloy composition include Carbon, Magnesium, and Aluminum, the results of the impact test show an increase in the impact value with each addition of magnesium percentage, this shows that the material has toughness, ductility, and resistance to shock loads. The slightest impact value was obtained for a 5%Mg change of 12.70 Nm/cm², while the highest impact strength value was 16.13 Nm/cm² at 25%Mg. The hardness results decreased with each addition of magnesium where 5% Mg 93 HR, 15% Mg 77 HR, and 25% Mg 38.33 HR.

Keywords: Al6061, Magnesium, Casting, Impact, Rockwell

1. PENDAHULUAN

Perahu merupakan salah satu alat transportasi untuk penyeberangan dilintasan air sungai dan dapat juga digunakan nelayan guna membantu dalam pencarian ikan. Komponen penggerak utama pada perahu antara lain motor diesel dan baling-baling. Baling-baling merupakan sesuatu bilah paduan aluminium yang berputar dengan meneruskan gerakan rotasi yang dihasilkan oleh mesin. Sedangkan posisi baling-baling didalam air sehingga sulit menghindari terjadi benturan dengan benda lain yang berada didalam air, berakibat baling-baling bisa retah dan patah

dengan begitu akan mengurangi laju perahu atau perahu tidak bergerak karena salah satu komponen penggerak perahu tidak berfungsi.

Proses pembuatan baling-baling atau propeller umumnya dikerjakan dengan proses pengecoran. Pengecoran dapat dilakukan dengan dua cara antara lain; pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*) dan pengecoran dengan cetakan logam (*die casting*) [1]. Paduan aluminium menjadi bahan material dan adanya penambahan unsur lain seperti Mn, Si, Cu, Mg, dan Zn dalam proses pembuatan guna memperoleh karakteristik mekanik yang kuat, tangguh dan ulet [2,3].

Pada saat ini para peneliti berusaha menemukan dan merekayasa komposisi paduan yang bisa menjawab problem *propeller* tersebut. Peleburan ulang piston diesel bekas dan tambahan unsur Magnesium dengan presentase 2%,3% dan 5%, untuk mengetahui sifat mekanik dengan uji tarik [4]. Selanjutnya penelitian yang sama melakukan penambahan unsur magnesium pada alumunium paduan sebesar 5%,15% dan 20% dengan pengujian kekerasan, tekuk dan tarik [5]. kemudian eksperimen pada pembuatan *propeller* dengan metode sand casting dan die Casting berbahan almunium dan kuningan [6], Sedangkan penelitian yang lain melakukan penambahan Mg pada paduan AISi berpenguat SiO₂ dengan metode *stir casting* untuk mengetahui kekuatan impact dan konduktifitas termal [7].

Berdasarkan permasalahan dan penelitian sebelumnya, penelitian ini berfokus pada pembuatan baling-baling perahu getek disungai bengawan solo dengan Al6061 bekas dan penambahan Magnesium sebesar 5%, 15% dan 25% dengan metode *sand casting* untuk meningkatkan sifat mekanis logam yang digunakan pada baling-baling perahu, penelitian ini diharapkan dapat mengurangi prosentase patahnya baling-baling perahu, yang dapat mengganggu aktivitas pengguna perahu.

2. METODOLOGI

2.1 Alumunium

Alumunium 6061 termasuk dalam katagori logam ringan dan bahan utama dalam proses pengecoran,karena alumunium memiliki sifat yang ringan, dapat ditempa, tahan terhadap korosi, penghantar panas yang baik, dan mampu tuang. Alumunium dapat meningkatkan kekuatan mekanik dengan dipadukan pada unsur Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni dan sebagainya, namun tidak mengurangi sifat ringan dan mekanik tetapi memberikan tambahan sifat katahanan aus dan keuletan [8].

Tabel1.Unsur dan prosentase Al6061 [8,18].

Unsur Kimia	Prosentase (%)
Alumunium (Al)	96,66
Silikon (Si)	0,8
Tembaga (Cu)	0,4
Manga (Mn)	0,15
Magnesium (Mg)	0,8
Seng (Zn)	0,25
Chromium (Cr)	0,04
Besi (Fe)	0,7

Thalium (Ti)	0,15
Lainnya	0,05

2.2 Magnesium.

Magnesium murni memiliki sifat fisik perak-putih dan merupakan logam ringan, hanya 2/3 berat aluminium. Penambahan konsentrasi magnesium tertentu dapat meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik paduan aluminium

2.3 Pengecoran

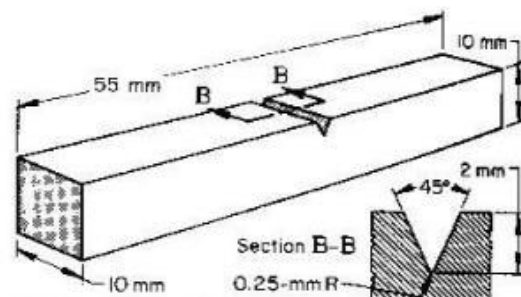
Pengecoran pasir adalah proses penuangan logam cair ke dalam cetakan pasir untuk membentuk benda kerja. Secara sederhana, cetakan pasir dapat dipahami sebagai rongga yang dibentuk dengan mengikis benda-benda dari berbagai bentuk pada massa pasir, dan kemudian dituangkan cairan logam.

2.4 Uji Kekerasan

Pengujian ini menggunakan kekerasan *Rockwell*, dimana metode *Rockwell* merupakan uji kekerasan yang sederhana dan cepat yang tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur tanda, relatif tidak merusak, dan menggunakan dua indenter selama pengujian *Rockwell*, sebuah kerucut intan bersudut 120° dan berbagai ukuran indenter bola baja dengan berbagai ukuran.

2.5 Uji impact

Pengujian impact *Charpy* menggunakan alat uji yang disediakan oleh laboratorium. Pengujian dan kalibrasi Baristand Industri Surabaya (Kementrian Prindustrian Republik Indonesia). Spesimen uji distandarisasi menggunakan standar ASTM E 23. Gambar 1 merupakan dimensi benda uji impact adalah panjang benda uji 55 mm dan panjang bentang 32 mm, sehingga panjang benda uji harus lebih panjang dari panjang dimensi yang digunakan sebagai penyangga. [4,9].



Gambar 1. Dimensi Spesimen Uji Impact Charpy (ASTM E 23) [9].

persamaan pengujian impact sebagai berikut:

$$E = G.R (\cos\beta - \cos\alpha) \quad (1)$$

$$I = E / A \quad (2)$$

$$A = W.t \quad (3)$$

dimana;

E = Energi serap benda uji (Joule)

G = Berat pendulum (9,5 kg)

R = jarak lengan ayun (810 mm)

α = sudut ayun awal pendulum

β = sudut setelah mengenai benda uji

A = luas penampang patah benda uji (mm²)

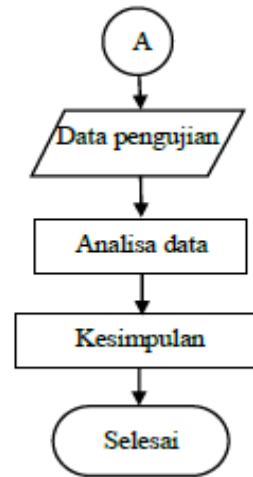
I = Kekuatan impact (Joule/mm²)

2.6 Uji komposisi

Pengujian komposisi adalah pengujian yang digunakan untuk mengetahui seberapa banyak atau berapa banyak unsur kimia yang terkandung dalam suatu logam. Menggunakan spektrometer emisi optik PDA-7000 untuk menguji komposisi, setiap elemen yang terkandung mempengaruhi kekerasan, kekuatan, keuletan dan ketangguhan material. begitu juga karakteristik material dapat diketahui dari unsur komposisi kimia.

2.7 Diagram alur penelitian

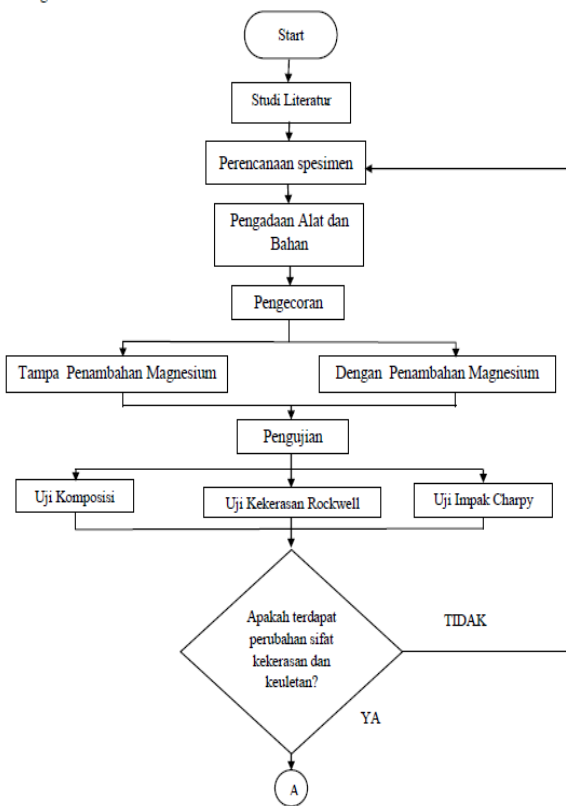
Gambar 2 berikut merupakan alur penelitian yang dilakukan untuk memudahkan kinerja saat penelitian.



Gambar 2. Diagram alur penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah melalui metode eksperimen fabrikasi dan pengujian bahan AL6061 bekas ditambahkan unsur magnesium 5%, 15%, dan 25% serta penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Qomaruddin. Dimulai dengan penyiapan alat dan bahan serta pembuatan benda uji berbahan paduan Al6061 dan magnesium menggunakan metode pengecoran (*sand casting*). Spesimen yang direncanakan memiliki dimensi panjang seperti Gambar 1, dimensi sesuai dengan standar uji impact dengan panjang 55 mm, lebar 10 mm dan tinggi 10 mm. Prosedure pembuatan spesimen Uji dilakukan dua tahapan sebagai berikut:

Pertama Al6061 bekas dileburkan pada tungku dengan suhu 650-700°C selama kurang lebih 60 menit kemudian dimasukkan kedalam cetakan pasir yang telah terkondisikan untuk mendapatkan Al6061 murni dan bersih dari kotoran sebagai spesimen *raw material*, seperti Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Spesimen raw material

Untuk specimen selanjutnya hasil spesimen *raw material* ditambahkan unsur magnesium yang

telah direncanakan, prosedur selanjutnya sebagai berikut:

- a. Spesimen Al6061 dan magnesium ditimbang guna menentukan berat penambahan magnesium
- b. Tungku dipanaskan hingga mencapai suhu 605-700°C kemudian masukan spesimen selama 30 menit
- c. Setelah bahan Al6061 dan magnesium mencair dan tercampur dengan rata kemudian tuangkan pada cetakan
- d. Tahapan selanjutnya hasil Coran didinginkan dengan suhu ruangan, setelah dingin coran dibongkar
- e. perlakuan selanjutnya sama untuk material berikutnya.

2.8. Pengujian Spesimen

Pengujian impact dan komposisi unsur dilakukan di laboratorium Pengujian dan kalibrasi Baristand Industri Surabaya (Kementrian Prindustrian Republik Indonesia), sedangkan Pengujian kekerasan dilakukan dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Qomaruddin dengan menganalisis kekuatan, keuletan, komposisi unsur bahan Al6061 plus penambahan magnesium yang terkondisi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan data-data yang dirangkum dalam table, gambar grafik dari hasil pengujian komposisi, pengujian kekerasan dan pengujian impact.

3.1 Pengujian komposisi

- a. Komposisi *raw material* Alumunium 6061
Telah tersaji pada Tabel 1,dimana hasil uji komposisi di atas terlihat bahwa alumunium merupakan unsur tertinggi yang terkandung dalam Alumunium 6061 bekas sebesar 97,32%, kemudian magnesium sebesar 0,86% dan silikon sebesar 0,69%. [8,16].
- b. Komposisi Al-5%Mg

Tabel 2.Unsur dan prosentase Al-5%Mg

Unsur Kimia	Prosentase (%)
Karbon (C)	4,849
Silikon (Si)	0,682
Mangan (Mn)	0,264
Forfor (P)	0,169
Sulfur (S)	0,135
Nikel (Ni)	0,231
Chromium (Cr)	0,205
Molubdenium (Mo)	0,228
Tembaga (Cu)	0,280
Timah (Sn)	0,143

alumunium (Al)	83,577
Timbal (Pb)	0,037
Tungsten (W)	0,861
Thallium (Ti)	0,104
Vanadium (V)	0,143
Niobium (Nb)	0,217
Magnesium (Mg)	3,524
Seng (Zn)	2,493
Antimony (Sb)	0,348
Arsenik (As)	0,077
Boron (B)	0,031

- c. Komposisi Al-15%Mg

Tabel 3.Unsur dan prosentase Al-15%Mg

Unsur Kimia	Prosentase (%)
Karbon (C)	2,060
Silikon (Si)	0,580
Mangan (Mn)	0,263
Forfor (P)	0,158
Sulfur (S)	0,130
Nikel (Ni)	0,227
Chromium (Cr)	0,200
Molubdenium (Mo)	0,215
Tembaga (Cu)	0,255
Timah (Sn)	0,121
alumunium (Al)	76,435
Timbal (Pb)	0,028
Tungsten (W)	0,869
Thallium (Ti)	0,105
Vanadium (V)	0,144
Niobium (Nb)	0,219
Magnesium (Mg)	14,245
Seng (Zn)	2,487
Antimony (Sb)	0,246
Arsenik (As)	0,017
Boron (B)	0,028

- d. Komposisi Al-25%Mg

Tabel 4.Unsur dan prosentase Al-5%Mg

Unsur Kimia	Prosentase (%)
Karbon (C)	2,775
Silikon (Si)	0,976
Mangan (Mg)	0,325
Forfor (P)	0,209
Sulfur (S)	0,159
Nikel (Ni)	0,261
Chromium (Cr)	0,233
Molubdenium (Mo)	0,299
Tembaga (Cu)	0,416
Timah (Sn)	0,191
alumunium (Al)	62,179
Timbal (Pb)	0,029
Tungsten (W)	0,658
Thallium (Ti)	0,122
Vanadium (V)	0,161
Niobium (Nb)	0,229

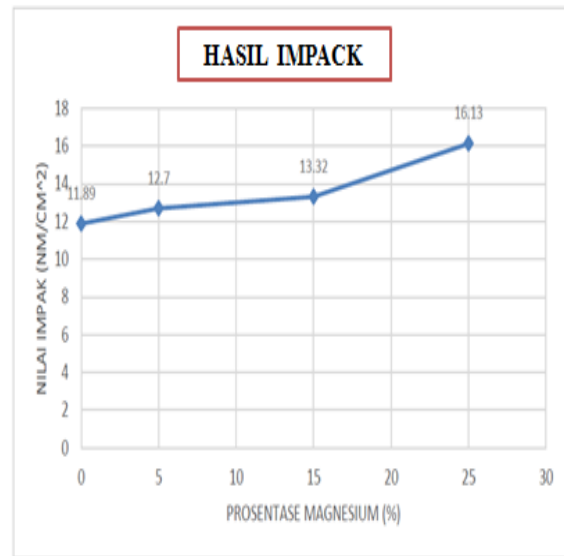
Magnesium (Mg)	25,314
Seng (Zn)	2,466
Antimony (Sb)	0,230
Arsenik (As)	0,028
Boron (B)	0,043

Pengujian paduan aluminium 6061 bekas dengan penambahan Mg 5%,15% dan 25% tertera pada Tabel 2, 3, dan 4 , dimana unsur Almunium ,Carbon serta Magnesium menjadi prosentase yang dominan sebagai Unsur penyusun,sehingga ini menyebabkan material memiliki sifat kuat,ulet dan tangguh dan sifat kekerasan material sedikit menurun [10,11,13].

3.2 Pengujian impact

Tabel 5. Data hasil pengujian impact

Spesimen	Spesimen Uji Kekerasan	(E) Energi (Nm)	(A) Luas (cm ²)	Impak (Nm/cm ²)
1	raw	11.26	0.89	12.72
2	material	8.32	0.81	10.25
3		11.26	0.89	12.68
	average			11.89
1	5%	12.26	0.83	14.78
2		9.29	0.87	10.69
3		10.66	0.84	12.65
	average			12.70
1	15%	11.26	0.930	12.10
2		12.26	0.909	13.49
3		13.26	0.923	14.37
	average			13.32
1	25%	15.3	0.942	16.24
2		13.26	0.897	14.78
3		14.28	0.822	17.37
	average			16.13



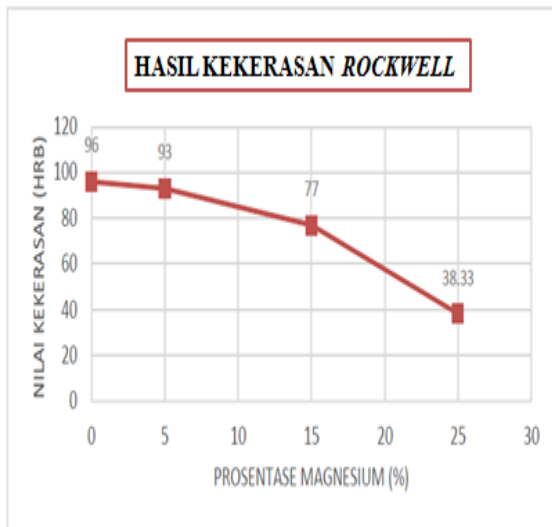
Gambar 4. Grafik hasil impact

Berdasarkan hasil pengujian impact terlihat pada Tabel 5 dan Gambar 4, adanya kenaikan nilai impact disetiap penambahan prosentase Magnesium, hal ini menunjukkan bahwa material memiliki ketangguhan, keuletan dan tahan terhadap beban kejut [7,9,17].

3.3 Pengujian Kekerasan Rockwell

Tabel 6. data hasil pengujian Rockwell

Titik uji	Spesimen Uji Kekerasan	Indentor	Beban (Kg)	Nilai Kekerasan
1	raw	Ball	980/100	94,5
2	material	Ball	980/100	97
3		Ball	980/100	95
4		Ball	980/100	91,5
5		Ball	980/100	88,5
	average			96
1	5%	Ball	980/100	93,5
2		Ball	980/100	96
3		Ball	980/100	90
4		Ball	980/100	89,5
5		Ball	980/100	87,5
	average			93
1	15%	Ball	980/100	85,5
2		Ball	980/100	83,5
3		Ball	980/100	77
4		Ball	980/100	83,5
5		Ball	980/100	87,5
	average			77
1	25%	Ball	980/100	46,5
2		Ball	980/100	34,5
3		Ball	980/100	39
4		Ball	980/100	36
5		Ball	980/100	40
	average			38,33



Gambar 5. Grafik hasil kekerasan *Rockwell*

Pada data Tabel 6 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil kekerasan adanya penurunan setiap penambahan magnesium, tetapi pada point yang lain dengan penambahan prosentase unsur magnesium memiliki sifat kekuatan, kekakuan dan keuletan [12,15].

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah bahwa penambahan prosentase magnesium pada paduan Al6061 perubahan struktur komposisi unsur penyusun, sehingga memiliki karakteristik mekanik berbeda, hal dibuktikan dengan eksperimen adanya kenaikan nilai dampak disetiap penambahan prosentase magnesium, hal ini menunjukkan bahwa material memiliki ketangguhan, keuletan dan tahan terhadap beban kejut. Nilai dampak terkecil diperoleh untuk perubahan 5 %Mg sebesar 12,70 Nm/cm², sedangkan nilai kekuatan dampak tertinggi sebesar 16,13 Nm/cm² pada 25%Mg. pada saat yang sama untuk kekerasan mengalami penurunan setiap penambahan magnesium, Hasil kekerasan terjadi penurunan setiap penambahan magnesium dimana 5% Mg 93 HR, 15%Mg 77 HR, dan 25%Mg 38,33 HR, tetapi pada point yang lain dengan penambahan prosentase unsur magnesium memiliki karakteristik kekuatan, kekakuan dan keuletan. Sehingga penelitian ini merekomendasi material untuk pembuatan propeller menggunakan prosentasi 5% dari keseluruhan Al 6061.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas Kerjasama dan bantuan yang diberikan dalam menyelesaikan penelitian ini kepada para dosen Teknik Mesin Universitas Qomaruddin dan laboratorium Pengujian dan kalibrasi Baristand Industri Surabaya (Kementerian Prindustri Republik Indonesia) atas bantuannya dalam pengujian bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Surdia, T., & Chijiwa, K. (2006). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Prandnya Paramita
- [2]. Sofyan, B. T. (2010). *Pengantar Matrial Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- [3]. Thiraviam R, Ravisankar V, Kumar P, Thanigaivelan R, Arunachalam R (2020). A novel approach for the production and characterisation of aluminium–alumina hybrid metal matrix composites. *Mater Res Express*. 2020;7(4):046512
- [4]. Shomad, M. A., & Jordianshah, A. A. (2020). Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium Pada Paduan Aluminium Dar Bahan Piston Bekas. *Teknoin (Jurnal Teknologi Industri)*, 75-82
- [5]. Ardiyansyah, A. A. (2020). Pengaruh Variasi Penambahan Unsur Magnesium Pada Pengecoran Aluminium. Tegal: Universitas Pancasakti Tegal.
- [6]. Umar, S. (2010). Pengaruh Proses/Metode Pengecoran Terhadap Sifat-Sifat Mekanis Pada Baling-Baling (Propeller) Motor Tempel (Ketek). *Austenit*, 2(01).
- [7]. Dhiya'uddin, dkk (2020). Analisis pengaruh penambahan Mg terhadap kekuatan dampak dan konduktivitas termal pada paduan AISi dengan metode *stir casting*
- [8]. The Aluminum Association, Inc., 2009, February, International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys,
- [9]. ASTM. E 23., 2007, Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials, The United States of America.
- [10]. Singh H, Bahri H, Singh KK (2022). Experimental analysis of wear and mechanical characteristics of aluminium matrix composite fabricated through powder metallurgy. In: *Computational and experimental methods in mechanical engineering*. Singapore: Springer;. pp. 115–29.
- [11]. Shivakumr N, Vasu V and Narasaiah, N. (2020). Dry sliding tribological studies of ZA-27/Al₂O₃ metal matrix nanocomposites by

- using response surface methodology. Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series C/Chung-Kuo Chi Hsueh Kung Ch'Eng Hsuebo Pao, **41(6)**, 827-836.
- [12]. Bashori, Hasan. (2020). "Uji Material Aluminium Paduan Dengan Metode Kekerasan Rockwell." Journal Mechanical and Manufacture Technology (JMMT) 1.1
- [13]. S.Kathiravan,R.Thanigaivelan, P. Suresh (2022), Fabrication, microstructure, and machinability of aluminum metal-matrix composites Materials Science-Poland, 40(3), 2022, pp. 112-124
[http://www.materialsscience.pwr.wroc.pl/DOI: 10.2478/msp-2022-0036](http://www.materialsscience.pwr.wroc.pl/DOI:10.2478/msp-2022-0036)
- [14]. Yayi Febdia Pradani, Mochamad Sulaiman & Saiful Hardiyanto (2020), Analisis Tingkat Kekerasan Alumunium 6061 Berdasarkan Variasi Media Pendingin Pada Proses Pack Carburizing, STEAM Engineering (Journal of Science, Technology, Education And Mechanical Engineering)
- [15]. Viney Kumara, Rahul Dev Guptab N K Batrab (2014). Comparison of Mechanical Properties and effect of sliding velocity on wear properties of Al 6061, Mg 4%, Fly ash and Al 6061, Mg 4%, Graphite 4%, Fly ash Hybrid Metal matrix composite, Procedia Materials Science 6 (2014) 1365 – 1375
- [16]. X.Yang.D.Wang,Z.Wu, et.al (2016). A.coupled EBSD/TEM Study of the microstructur evolution of multi-axial compressed pure Al and Al-Mg alloy,Mater.Sci.Eng. A658 (16-27).
- [17]. B.H.Lee,S.H.Kim.J.H.Park,et.al (2016). Role of Mg in simultaneously Improving the strength and ductility of Al-Mg alloys, Mater.Sci.Eng.A 657 115-122.
- [18]. Sejahtera, S. S. (2020). *Katalog-SSS*. Sutindosuryo.com.