

**PENGARUH VARIASI SUHU DAN WAKTU HEAT TREATMENT
ALUMINIUM ALLOY TERHADAP SIFAT KEKERASAN DAN
STRUKTUR MIKRO DENGAN MEDIA PENDINGINAN OLI**
*THE EFFECT OF TEMPERATURE AND TIME VARIATION HEAT
TREATMENT OF ALUMINUM ALLOY TO THE HARDNESS AND
MICROSTRUCTURE WITH OIL MEDIA QUENCHING*

Andika Dwi Nugroho¹, Bambang Junipitoyo², Linda Winiasri³

Jurusan Teknik Pesawat Udara, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: andkanugroho95@gmail.com

Abstrak

Aluminum alloy banyak digunakan pada industri manufaktur dirgantara sebagai material struktur pesawat terbang karena memiliki sifat yang ringan namun kuat. Aluminum alloy di *heat treatment* untuk meningkatkan sifat mekanis aluminum alloy tersebut. Pengujian yang dilakukan dengan cara Aluminum Alloy di *heat treatment* pada suhu 300, 350 dan 400 °C dengan waktu tahan 60 menit, 90 menit dan 120 menit kemudian di *quenching* menggunakan oli. Setelah dilakukan *heat treatment* dan *quenching* Aluminum Alloy di uji kekerasan brinell, dan pengamatan struktur mikro dari Aluminum Alloy. Diharapkan variasi suhu dan waktu *heat treatment* pada aluminium alloy ini dapat meningkatkan kekerasan, keuletan, dan ketangguhan dari aluminium alloy. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *heat treatment* dan *quenching* pada aluminium, diperoleh nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada suhu 350°C dengan waktu tahan 120 menit sebesar 75.70 HBW.

Kata kunci: Aluminum Alloy, *heat treatment*, *quenching*

Abstract

Aluminum alloy is widely used in the aerospace manufacturing industry as an aircraft structure material because it has lightweight but strong properties. Aluminum alloy should be heat treated to improve the mechanical properties of aluminum alloy. The test was carried out by aluminum alloy in a heat treatment with the temperature 300, 350 and 400 °C with a holding time of 60 minutes, 90 minutes, 120 minutes then quenched using oil. After aluminum alloy heat treatment and quenching was carried out in a Tensile test, Brinell Hardness test, impact test and microstructure test of aluminum alloy. Hopefully time and temperature variation of heat treatment can be increase the hardness, elongation, and strength of aluminum alloy. The best hardness result of aluminium alloy from the specimen who gave heat treatment 350°C with the holding time 120 minute create 75.70 HBW

Keywords: Aluminum Alloy, *heat treatment*, *quenching*

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam non ferro yang memiliki sifat ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat, konduktor listrik yang cukup baik dan aluminium lebih ringan daripada besi atau baja. Penggunaan aluminium pada dunia industri banyak digunakan untuk heat exchangers, *pressure vessels*, pipa, dan lain-lain (Purwaningrum dan Setyanto, 2011).

Aluminium merupakan salah satu logam paling melimpah di dunia dan merupakan unsur paling umum ketiga. Sifat aluminium yang fleksibel menjadikannya sebagai logam yang paling banyak digunakan setelah baja. Salah satu keunggulan dari aluminium yang membuatnya banyak digunakan dalam industri adalah kemudahan dalam mencampurkannya dengan bahan lain. Aluminium yang sudah dicampur bahan lain ini biasa disebut dengan aluminium paduan atau aluminium alloy.

Aluminium banyak digunakan untuk campuran bahan bangunan seperti kawat dan pipa. Strukturnya yang fleksibel dan mudah dipotong serta dibengkokkan membuat bahan-bahan yang terbuat dari aluminium ini lebih mudah diaplikasikan untuk berbagai hal. Tak hanya itu, aluminium ini juga dimanfaatkan untuk pembuatan kerangka pesawat terbang, kapal laut, sepeda, dan mobil. Meski dasarnya aluminium tidak memiliki sifat kuat dan keras, namun proses pencampuran dengan bahan lain membuatnya berubah sifat. Berbagai keunggulan dari aluminium seperti sifatnya yang fleksibel, harganya yang terjangkau, ketahanannya yang baik, serta sifatnya yang mudah dipadukan dengan berbagai bahan

membuatnya sering digunakan dalam berbagai jenis industri (Lidya, 2016).

Proses pada pembentukan aluminium bisa menggunakan beberapa cara, adapun salah satunya dengan menggunakan proses pengecoran. Proses pengecoran logam merupakan proses pembuatan produk yang sudah diawali dengan mencairkan logam ke dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang terlebih dahulu dibuat pola sehingga logam cair tersebut membeku dan kemudian dipindahkan dari cetakan (Surdia, 2000).

Untuk meningkatkan kualitas aluminium alloy dilakukanlah proses *heat treatment*. Terdapat proses perlakuan panas untuk mendapat produk yang diinginkan untuk diaplikasikan ke *structure* pesawat. Proses terdiri dari, *solution treatment*, *quenching* dan *natural aging* (Caesarti, 2018)

Saefuloh (2018) menganalisa studi karakterisasi sifat mekanik dan struktur mikro material piston Aluminium-Silikon Alloy. Pengujian yang dilakukan adalah *tensile strength*, *vicker hardness test*, dan metalografi test. Hasil terbaik dari penelitian ini adalah Pada waktu aging 4 jam sifat mekanis menunjukkan kecenderungan yang meningkat. Tetapi setelah waktu aging 4 jam grafik menunjukkan kecenderungan menurun. Sehingga kekerasan yang optimal didapatkan pada waktu aging 4 jam.

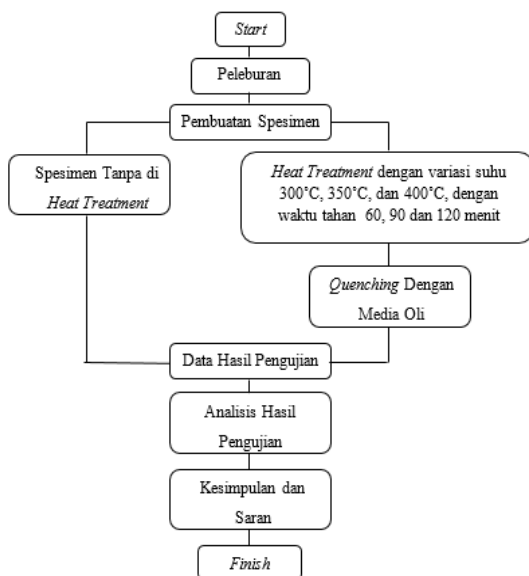
Kurniawan (2018) menganalisa pengaruh *solution heat treatment* terhadap kekerasan aluminium ADC12. Pengujian yang dilakukan adalah memvariasikan *holding time* yaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam dengan suhu

yang konstan yaitu 540°C. Nilai kekerasan tertinggi dari penelitian ini diperoleh spesimen yang di heat treatment selama 8 jam dengan nilai kekerasan sebesar 81,96 HRB.

Taura (2016) menganalisa pengaruh variasi *holding time* dan temperature aging pada perlakuan panas *precipitation hardening T6* terhadap sifat mekanik aluminium alloy ADC 12. Pengujian yang dilakukan adalah uji mikro struktur, *hardness test*, dan *impact strength*. Hasil terbaik dari penelitian ini membuktikan bahwa nilai kekerasan maksimum diperoleh saat temperatur aging 170°C dengan *holding time* 4 jam sebesar 108,04 BHN.

Dilandasi latar belakang dan penelitian-penelitian sebelumnya, maka penulis mengambil judul “ **Pengaruh Variasi Suhu Dan Waktu Heat Treatment Aluminium Alloy Terhadap Sifat Kekerasan Dan Struktur Mikro Dengan Media Pendinginan Oli**”.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini bertempat di Politeknik Penerbangan Surabaya yang berlokasi di Jalan Jemur Andayani I no 73 Siwalankerto Wonocolo, Surabaya. Lokasi tersebut dipilih karena semua aspek pendukung agar penelitian dapat berjalan dengan baik. Penelitian di laksanakan pada semester ganjil tahun 2019-2020 yaitu antara bulan September 2019 sampai dengan bulan Agustus 2020.

2.1 Aluminium

Aluminium adalah logam yang berada di urutan kedua dalam skala kelenturan, keenam dalam keuletan, dan berperingkat tinggi dalam ketahanannya terhadap korosi. Aluminium yang dikombinasikan dengan berbagai persentase logam lainnya membentuk paduan yang digunakan dalam konstruksi pesawat terbang. Paduan aluminium di mana bahan paduan utama adalah mangan, kromium, atau magnesium dan silikon menunjukkan sedikit serangan di lingkungan korosif. Paduan di mana persentase besar tembaga digunakan lebih rentan terhadap tindakan korosif. Persentase total elemen paduan jarang lebih dari 6 atau 7 persen pada paduan tempa. (FAA 2008)

Menurut Surdia (1991), Aluminium merupakan logam non ferro yang memiliki sifat ringan dan tahan karat. Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat-sifat mekanisnya dan mampu cornya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silikon, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya yang dapat merubah sifat paduan aluminium

Tabel 1 Sifat Fisik Aluminium Murni

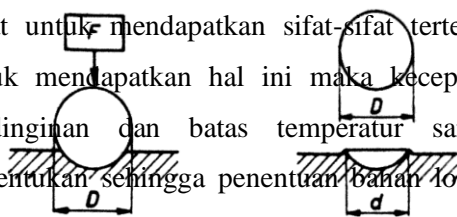
Element	Symbol	Atomic weight	Melting point (°C)	Boiling Point (°C)	Latent heat of Fusion		Mean specific heat 0-100°C	
					(kJ/kg)	(cal/g)	(kJ/kg.K)	(cal/g°C)
Aluminium	Al	26,97	660,4	2520	386,8	92,4	0,917	0,219

Thermal Conductivity (W/m.K)	Resistivity (μhm.cm at 20°C)	Vol. Change on melting (%)	Density (g/cm³)	Coeff. Of Expansion (x10⁻⁵/K)	Brinell Hardness no.
238	2,67	6,6	2,70	23,5	17

Sumber : Caesarti, 2018

2.2 Heat Treatment

Menurut Surdia dan Chijiwa (1991). Perlakuan panas atau heat treatment adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan specimen pada electric furnace (tungku) pada temperatur rekristalisasi selama periode tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikro logam disamping komposisi kimianya, contoh suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbedabeda struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya Perlakuan panas merupakan proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan sehingga penentuan bahan logam yang tepat pada hakekatnya merupakan kesepakatan antara berbagai sifat, lingkungan



dan cara penggunaan hingga sampai dimana sifat bahan logam tersebut dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

2.3 Pengujian Material

Pengujian Kekerasan

Menurut Johannes (2018), pengujian kekerasan yang berfungsi untuk mengetahui ketahanan suatu material. Ada tiga cara pengujian kekerasan yaitu:

- Pengujian kekerasan *brinell*
- Pengujian kekerasan *Vickers*
- Pengujian kekerasan *rockwell*
- Pengujian kekerasan Brinell

Sebagai dasar pengukuran kekerasan digunakan deformasi yang terjadi oleh penetrator dalam benda uji. Dalam hal ini digunakan penetrator bola baja yang telah dikeraskan dan ditekan masuk ke dalam benda uji dengan beban dan waktu tertentu. Kekerasan Brinell diberi simbol dengan HB atau BHN (*Brinell Hardness Number*) dihitung berdasarkan rumus :

$$HB = \frac{P}{\frac{\pi}{2}D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ (kg/mm)} \quad (2.3)$$

keterangan :

P : Beban yang bekerja pada penetrator (kg)

D : Diameter penetrator (mm)

d : Diameter bekas injakan (mm)

Gambar 2 Prinsip uji kekerasan *Brinell* (Johannes, 2018)

Beban yang bekerja pada penetrator tergantung pada :

1. Jenis logam benda uji
2. Diameter penetrator

Keberatan dari *Brinell* yaitu :

- Bila bola baja kurang keras, maka hasil pengujian kurang akurat
- Bekas injakan kadang-kadang terlalu besar
- Disekitar bekas penekanan terjadi kenaikan permukaan benda uji mengurangi ketelitian

Saat uji kekerasan *Brinell*, dalam praktek perlu diperhatikan beban tekan (P), diameter bola dan jenis logam yang diuji. Diameter penetrator yang digunakan tergantung pada tebal benda uji seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Penggunaan Penetrator Untuk Uji Kekerasan *Brinell*

Tebal benda uji (mm)	Diameter penetrator (mm)
1-3	D = 2,5
3-6	D = 5
>6	D = 10

Sumber : Ipran, 2007

2.3.2 Pengujian Struktur Mikro

Dalam pengujian ini, kualitas bahan ditentukan dengan mengamati struktur dibawah mikroskop dan dapat pula mengamati cacat dari bahan yang diuji. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop cahaya. Permukaan logam yang akan diamati,

dipoles dan dilakukan bermacam etsa kemudian diperiksa di bawah mikroskop Ipran (2007)

2.4 Bahan Yang Digunakan

Bahan utama yang digunakan untuk penelitian ini adalah *aluminium alloy* hasil peleburan limbah piston bekas yang kemudian dibentuk spesimen sesuai dengan standar JIS (*Japan Industrial Standard*). Untuk media pendinginan (*quenching*) penulis menggunakan oli jenis *TOP ONE SAE 10W-30*

2.5 Pengecoran Material

Bahan yang telah ditentukan untuk penelitian ini adalah *Aluminum alloy* hasil peleburan piston bekas. Bahan yang didapat hasil pengecoran masih berbentuk lempengan atau *sheet* kemudian dibuat 40 spesimen yang digunakan untuk pengujian tarik, kekerasan *brinell*, dan *microstructure*. Pembuatan spesimen dilakukan di *Sheet Metal Shop* Hanggar AMTO 147D Politeknik Penerbangan Surabaya.

2.6 Pembuatan Spesimen

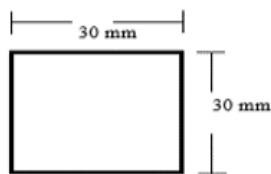
Material yang telah di lebur kemudian di cetak. Hasil cetakan masih berupa lembaran, sehingga harus dibentuk sesuai dengan pengujian yang akan dilakukan. Dengan mengacu pada standar ASTM dan berikut adalah sket spesimen yang akan dibentuk untuk penelitian

2.6.1 Spesimen Pengujian Hardness *Brinell* dan Struktur Mikro

Bahan yang telah ditentukan untuk penelitian ini adalah *aluminium alloy* hasil peleburan limbah piston bekas. Bahan di dapat

masih dalam bentuk lempengan, yang selanjutnya dibuat menjadi spesimen uji tarik sebanyak 20 buah dengan menggunakan alat pemotong *sheet metal* di *Sheet Metal Shop* Hanggar AMTO 147D Politeknik Penerbangan Surabaya. Pengujian dengan ukuran benda uji yang dipergunakan pada pengujian kekerasan dan struktur mikro. Sketsa spesimen uji kekerasan dan struktur mikro dapat dilihat pada gambar 3.7. Ukuran bahan yang akan dijadikan benda uji untuk *hardness brinell* yaitu:

Panjang : 30 mm
Lebar : 30 mm



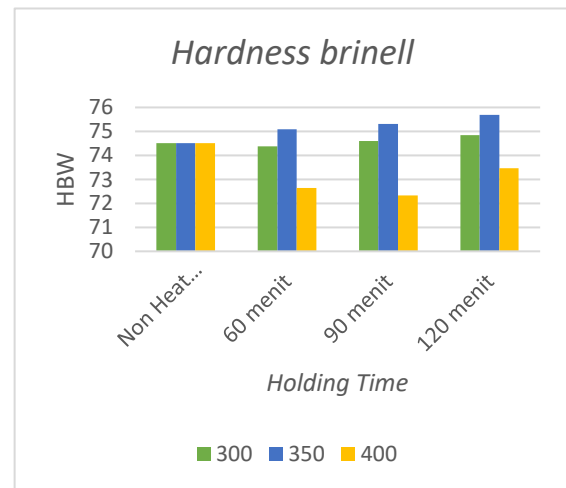
Gambar 3 Sketsa Spesimen Uji Hardness Brinell dan Struktur Mikro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan pada spesimen *aluminium* hasil peleburan piston bekas ini bertujuan untuk membandingkan tingkat kekerasan pada spesimen sebelum proses *aging* dengan proses *aging* pada suhu 300 °C, 350 °C, dan 400 °C selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode pengujian kekerasan *Brinell* dimana spesimen di beri beban 62,5 kg selama 10 detik dengan menggunakan indenter berukuran Ø 2.5 mm. Hasil perhitungan diperoleh pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1. Pada spesimen yang belum diberi perlakuan panas memiliki nilai

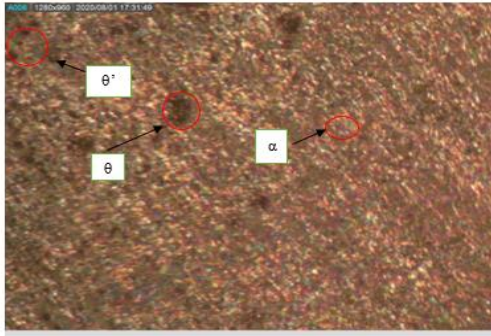
kekerasan *brinell* 74,52 HBW yang sesuai dengan standard ASTM E10.



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian

Nilai kekerasan seperti yang tertera pada gambar 4.1. nilai kekerasan *brinell* pada *aluminium alloy* hasil peleburan piston sebelum di beri perlakuan Heat Treatment adalah 74,52 HBW. Pada hasil pengujian kekerasan *Brinell*, bahan yang diberi perlakuan panas dengan suhu 300°C selama 60 menit, 90 menit, dan 120 menit mengalami kenaikan nilai kekerasan menjadi 74,38 HBW, 74,61 HBW, dan 74,84 HBW. Pada suhu 350°C selama 60 menit, 90 menit, 120 menit mengalami peningkatan nilai kekerasan *brinell* menjadi 75,08 HBW 75,31 HBW dan 75,70 HBW. Pada suhu 400°C selama 60, 90, dan 120 menit mengalami penurunan nilai kekerasan *brinell* menjadi 72,64 HBW, 72,34 HBW dan 72,34 HBW lebih besar dari spesimen uji dengan suhu 300°C dan 350°C. Hasil pengujian kekerasan *brinell* terbesar pada suhu 350°C dengan waktu tahan 120 menit yaitu 75,70 HBW. Sedangkan nilai kekerasan *brinell* terendah terjadi pada suhu 400°C dengan waktu tahan 90 menit yaitu 72,34 HBW.

Hasil Pengujian Mikrostruktur



Gambar 5 Foto Struktur Mikro Suhu 350°C

Dalam uji struktur mikro diperlihatkan bentuk dari permukaan benda uji di etsa terlebih dahulu untuk mengikis batasan butir pada permukaan benda uji agar dapat melihat komponen-komponen tertentu pada benda uji tersebut. Dari pengamatan struktur mikro, baik pada spesimen sebelum diperlakukan *aging* maupun spesimen dengan berbagai variasi waktu *aging*, maka akan terlihat adanya daerah gelap, butiran berupa titik–titik hitam dan daerah terang. Menurut Zainul Huda (2008), daerah berwarna terang merupakan daerah fasa α , daerah berwarna gelap merupakan daerah fasa θ , sedangkan butiran berwarna gelap merupakan presipitat θ' . Pada struktur mikro pada spesimen sebelum dipanaskan terlihat fasa α lebih merata. Semakin banyak butiran presipitat fasa θ' , maka kekuatan tarik akan semakin tinggi, seperti yang terlihat pada spesimen dengan suhu 400 selama 120 menit, dimana memiliki struktur mikro berupa butiran presipitat θ' yang banyak dan menyebar merata.

SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari pengujian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian heat treatment tidak ada perubahan sifat fisis seperti perubahan panjang ataupun lebar spesimen.
2. Aluminum alloy hasil peleburan piston di heat treatment pada suhu 350 °C dan waktu tahan 120 menit dan di quenching menggunakan oli menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada pengujian ini.
3. Hasil pengujian struktur mikro pada aluminum alloy hasil peleburan piston bekas mendapati semakin rapatnya struktur mikro pada specimen yang telah di heat treatment. semakin rapat struktur mikro maka semakin tinggi tingkat kekerasan aluminium alloy tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Billydiaz taura (2016), Pengaruh variasi *holding time* dan temperature *aging* pada perlakuan panas *precipitation hardening*.
- [2] Caesarti, Astri Widya. 2018. *Pengaruh Aging dan Cladding Pada Paduan Aluminium 2024 Terhadap Sifat Mekanik Konduktivitas Listrik dan Ketahanan Korosi Untuk Aplikasi Skin Pesawat*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut, Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [3] FAA, 2008. *Aviation Maintenance Technician Handbook General Chapter 5*.
- [4] Iman Saefuloh (2018), studi karakterisasi sifat mekanik dan struktur mikro material piston Alumunium-Silikon Alloy.
- [5] Ipran, Fransiskus. 2007. *Pengaruh Aging Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Paduan Aluminum*. Yogyakarta. Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

- Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [6] Johanes. 2018. *Pengaruh aging 140, 160, 180, dan 200 derajat celcius selama 5 jam terhadap sifat mekanis aluminium paduan tembaga 2,5%*. Yogyakarta. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [7] Kurniawan (2018), Pengaruh *solution heat treatment* terhadap kekerasan aluminium ADC12.
- [8] Lidya. Dinni, 2016, Pengertian, Ciri-Ciri, Dan Sifat Alumunium, Alumunium Indonesia.
- [9] Prawira (2015), PENGARUH PERBEDAAN SUHU TERHADAP KEKUATAN IMPACT ALUMUNIUM 5083 HASIL PENGELASAN TUNGSTEN INERT GAS
- [10] Purwaningrum, Y. dan Setyanto, K. 2011. Komparasi Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Tig (Tungsten Inert Gas) Dan Las FSW (Friction Stir Welding) pada Aluminium Tipe 1xxx;
- [11] Sanders. R. E , Chepko,Corin.,Dhanhani,Jaseem.,Figueroa,Carlos.,Landis Codi, 2000, *An Experimental and Analytical Study of the Properties of Precipitation Hardening Aluminum Alloys*, University of the Pacific School of Engineering, USA
- [12] Sanders R.E. (2001). Technology Innovation in aluminium Products. *The Journal of the Minerals*, 53(2): 21-25, 2001.
- [13] Schonmetz (1990). THE INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL STRENGTH OF LATERITIC NICKEL STEEL
- [14] Suherman (2016), pengaruh heat treatment terhadap struktur mikro dan kekerasan aluminium paduan Al-Si-Cu pada cylinder head sepeda motor.
- [15] Surdia,T., Chijiwa,K.,2000, Teknik Pengecoran Logam, Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [16] Surdia.T, Saito. S 1992, Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [17] Surdia (2005), Teknik Pengcoran Logam,Cetakan Ke-10, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [18] Surdia (1991), Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [19] Surdia., Chijiwa,K.,1991, Teknik Pengecoran Logam, Cetakan Pertama, PT Pradnya Paramita, Jakarta