



TUGAS AKHIR – VM 0629

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR
PERLAKUAN AGE HARDENING PADA
ALUMINIUM PADUAN 6061 TERHADAP
SIFAT KEKERASAN, STRUKTUR
MIKRO DAN LAJU KOROSI DALAM
LARUTAN HCL 1M**

**Wafir Dini Fauzan
NRP. 10211400000069**

**Dosen Pembimbing
Dr. Atria Pradityana, ST, MT
19851124 200912 2 008**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI**



TUGAS AKHIR – VM 0629

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR
PERLAKUAN AGE HARDENING PADA
ALUMINIUM PADUAN 6061 TERHADAP
SIFAT KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO
DAN LAJU KOROSI DALAM LARUTAN HCL
1M**

**WAFIR DINI FAUZAN
1021140000069**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Atria Pradityana, ST, MT
NIP. 19851124 200912 2 008**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**



FINAL PROJECT – VM 0629

**EFFECT OF AGE HARDENING
TREATMENT TEMPERATURE
VARIATIONS ON ALLUMINIUM 6061
AGAINST HARDNESS PROPERTIES,
MICRO STRUCTURE AND CORROSION
RATE IN 1M HCL SOLUTION**

**WAFIR DINI FAUZAN
1021140000069**

**ADVISOR
Dr. Atria Pradityana, ST, MT
NIP. 19851124 200912 2 008**

**D III STUDY PROGRAM
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL MECHANICAL
ENGINEERING
Faculty of Vokasi
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR
PERLAKUAN AGE HARDENING PADA
ALUMINIUM PADUAN 6061 TERHADAP
SIFAT KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO
DAN LAJU KOROSI DALAM LARUTAN HCL
1M**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada Bidang Studi Manufaktur
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

WAFIR DINI FAUZAN
NRP. 102114 00000 069

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Dr. Atria Pradiyana, ST., MT
NIP. 19851124 200912 2 008

Surabaya,

2019

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERLAKUAN
AGE HARDENING PADA ALUMINIUM PADUAN 6061
TERHADAP SIFAT KEKERASAN, STRUKTUR
MIKRO, DAN LAJU KOROSI DALAM LARUTAN HCL
1M**

Nama Mahasiswa : Wafir Dini Fauzan
NRP : 1021140000069
Jurusan : D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Atria Pradityana, ST, MT

Abstrak

Logam aluminium telah banyak diketahui memiliki nilai ketahanan yang tinggi terhadap berbagai jenis proses korosi dikarenakan lapisan oksida yang terdapat pada permukaannya, selain itu logam ini memiliki berat yang relatif ringan diantara logam-logam yang lain. Oleh karena sifat-sifat tersebut, logam aluminium banyak digunakan pada konstruksi dan transportasi. Pada penelitian ini akan dilakukan pengamatan terhadap perubahan sifat kekerasan dan laju korosi yang terjadi pada aluminium paduan 6061 jika diberikan perlakuan panas aging dengan memberikan variasi pada temperatur *age hardening*. Pada penelitian ini nantinya aluminium paduan 6061 akan diberi perlakuan panas *artificial aging*. Perlakuan ini dilakukan untuk mencari nilai optimum dari aluminium paduan 6061. Dan melakukan perbandingan terhadap sifat mekanis dan kimiawinya dengan aluminium paduan 6061 yang tidak diberikan perlakuan panas apapun.

Perlakuan panas *artificial aging* ini diawali dengan melakukan pemanasan terhadap aluminium paduan 6061 dengan suhu 500⁰C dan dilakukan penahanan selama 1 jam, kemudian didinginkan dengan cepat menggunakan media pendingin berupa air. Selanjutnya diberi *artificial aging* kembali dengan

variasi temperatur yaitu 150°C, 175°C, 200°C, 225°C, 250°C. Setelah aluminium paduan 6061 melalui perlakuan *artificial aging*, maka dilakukan observasi terhadap sifat kekerasan, laju korosi dan struktur mikro.

Pada penelitian ini didapatkan peningkatan pada nilai kekerasan dan penurunan laju korosi yang ada pada benda uji dengan perlakuan *aging* seiring dengan naiknya temperatur *aging* lalu terjadi penurunan nilai kekerasan dan peningkatan laju korosi pada temperatur 250°C serta diketahui terdapat keterkaitan diantara sifat kekerasan dan laju korosi. Benda uji yang diberikan perlakuan *aging* dengan diberikan variasi temperatur 225°C memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi dan nilai laju korosi paling rendah.

Kata kunci: Aluminum Paduan 6061, Artificial Aging, Age Hardening, Variasi Temperatur, Sifat Kekerasan, Laju Korosi, Struktur mikro

**EFFECT OF AGE HARDENING
TREATMENT TEMPERATURE
VARIATIONS ON ALLUMINIUM 6061
AGAINST HARDNESS PROPERTIES,
MICRO STRUCTURE AND CORROSION
RATE IN 1M HCL SOLUTION**

Student Name : Wafir Dini Fauzan
Identity Number : 1021140000069
Department : D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS
Supervisor : Dr. Atria Pradityana, ST, MT

Abstract

Aluminum metal has been widely known to have a high resistance value to various types of corrosion processes due to the oxide layer found on its surface, besides that it has a relatively light weight among other metals. Because of these properties, aluminum metal is widely used in construction and transportation. In this research, observations will be made on changes in the hardness and corrosion rates of aluminum alloys 6061 if heat treatment is given by giving variations in the age hardening temperature. In this research, aluminum alloy 6061 will be given a heat treatment of Artificial aging. This treatment is done to find the optimum value of aluminum alloy 6061. And do a comparison of the mechanical and chemical properties with aluminum alloy 6061 which is not given any heat treatment.

This artificial aging treatment begins with heating the aluminum alloy 6061 at 300°C and holding it for 1 hour, then cooling it quickly using a cooling medium in the form of water. Furthermore, it was re-treated with a temperature variation of 150°C, 175 °C, 200 °C, 225 °C, 250 °C with fast cooling media in the form of water. After aluminum alloy 6061 through artificial

aging treatment, it was observed the hardness, corrosion rate and microstructure.

In this study we found an increase in the value of hardness and a decrease in the corrosion rate in the specimens with aging treatment along with the increase in aging temperature and a decrease in the value of hardness and an increase in corrosion rate at a temperature of 250 ° C. The test material given aging treatment with a temperature variation of 225 ° C has the highest hardness value and the lowest corrosion rate.

.Keywords : Aluminium Alloy, Artificial Aging, Age Hardening, Temperature Variation, Hardness, Micro Structure

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilalamin, segala puji dan syukur dipanjatkan kepada kehadiran Tuhan penguasa sekalian alam semesta Allah SWT, dengan segala rahmatnya dan kasih sayangnya sehingga dapat terkehandaki yaitu salah satu hal yang penting bagi saya yaitu dapat menyelesaikan dengan baik Tugas Akhir saya yang berjudul :

“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERLAKUAN AGE HARDENING PADA ALUMINIUM PADUAN 6061 TERHADAP SIFAT KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO, DAN LAJU KOROSI DALAM LARUTAN HCL 1M”

Selesainya Tugas Akhir ini merupakan suatu keharusan karena merupakan salah satu syarat dari kelulusan. Dalam pengerjaan tugas akhir ini melibatkan banyak orang sehingga dapat dikatakan tugas ini benar-benar sudah selesai. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan berbagai hal kepada orang-orang tersebut yang memberikan berbagai bentuk dukungan hingga selesainya Tugas Akhir ini, oleh karena itu saya sebagai penulis pada kesempatan ini menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Atria Pradityana, ST, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan seluruh dukungan sampai saran dan kritik hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT Ketua Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS.

3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator Tugas Akhir.
4. Dosen dan seluruh karyawan Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS.
5. Bapak Pendik Penanggungjawab Laboratorium Kimia Organik Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi – ITS yang telah banyak membantu dan telah mengajari cara memandang dan menentang suatu hal yang harus dibenahi pada suatu sistem yang sudah ada.
6. Rekan-rekan Greader Laboratorium Metallurgy yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Kedua orang tua saya, Bapak Ifan Deni Setyawan dan Ibu Jeni
8. Seluruh saudara dan saudari saya dan tidak lupa juga teman-teman yang sudah memberikan dukungan moral dan materi
9. Dan terima kasih juga kepada Prita Hanifah Novitasari yang telah memberikan dukungan dan masukan yang sangat membangun selama pengerjaan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.

Seluruh kekurangan yang ada pada tugas akhir ini tidak mengandung unsur kesengajaan didalamnya, adanya kekurangan tersebut adalah murni dari keterbatasan pengetahuan yang saya miliki dan mohon dimaklumi atas kekurangan-kekurangan tersebut. Seluruh kekurangan yang ada pada tugas akhir ini adalah seluruhnya tanggung jawab saya. Dan saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang sangat membangun terhadap kekurangan-kekurangan tersebut agar bisa mengurangi kesalahan-kesalahan yang ada dalam pengerjaan tugas akhir ini. Dan penulis sangat berharap

laporan tugas akhir ini nantinya akan berguna bagi yang ingin menggunakannya sebagai referensi maupun sebagai materi pembelajaran. Akhir kata semoga tugas akhir ini membawa manfaat sekecil apapun itu manfaatnya dan untuk kalangan manapun, khususnya bagi mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS.

Surabaya,

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Alumunium	7
2.1.1 Sifat-sifat Alumunium	8
2.1.2 Klasifikasi Aluminium	10
2.1.3 Aluminium 6061 dan Paduannya.	15
2.2 Korosi	17
2.2.1 Karaterisitik Korosi Logam Aluminium	18
2.2.2 Jenis-jenis korosi yang lazim terjadi pada logam Al dan paduannya	19
2.3 <i>Age Hardening</i>	20
2.3.1 Tahap Perlakuan Panas Lautan	22
2.3.2 Tahap Pendinginan Cepat	22
2.3.3 Tahap Penuaan.	23
2.4 Pengujian Mekanik	27
2.4.1 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	27
2.4.2 Pengujian Metalografi	33
2.5 Pengujian Kimiawi.	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	37
3.2 Prosedur Penelitian	38
3.2.1 Studi Literatur	38
3.2.2 Persiapan Material	39
3.2.3 Perlakuan <i>Artificial Aging</i> dan <i>Non-Aging</i> terhadap Aluminium 6061	40
3.2.4 Pengujian Kekerasan.....	42
3.2.5 Pengujian MPY (<i>Weight Loss</i>)	43
3.2.6 Pengujian Metalografi.....	45
3.2.7 Pengumpulan Data.....	48
3.2.8 Analisa dan Pembahasan.	48
3.2.9 Kesimpulan.....	48
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> Aluminium 6061 Hasil <i>Age</i> <i>Hardenig</i> dan Tanpa <i>Age Hardenig</i>	49
4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Aluminium 6061 dengan Perlakuan <i>Age Hardenig</i> dan tanpa perlakuan <i>Age Hardenig</i>	50
4.1.2 Analisa Data Hasil Pengujian Kekerasan dengan Metode <i>Vickers</i>	52
4.1.3 Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i>	53
4.2 Pengujian <i>Weight Loss</i> Aluminium 6061 hasil <i>age</i> <i>hardening</i> menggunakan medium larutan HCL dengan konsentrasi 1M	54
4.2.1 Data Hasil Pengujian <i>Weight Loss</i> Aluminium 6061 hasil <i>age hardening</i> menggunakan medium larutan HCL dengan konsentrasi 1M	54
4.2.2 Analisa Data Hasil Pengujian <i>Weight Loss</i> Aluminium 6061 yang telah diberi perlakuan panas <i>age</i> <i>hardening</i>	56
4.2.3 Pembahasan Pengujian <i>Weight Loss</i>	57
4.3 Pengujian Metalografi Aluminium T-6 dengan variasi temperatur hasil pengujian <i>Weight Loss</i>	58

4.3.1 Data pengujian Metalografi Aluminium T-6 dengan variasi temperatur hasil pengujian <i>Weight Loss</i>	58
4.3.2 Analisa Hasil Pengujian Metalografi Aluminium T-6 dengan variasi temperatur hasil pengujian <i>Weight Loss</i>	61
4.3.3 Pembahasan Hasil Pengujian Metalografi Aluminium T-6 dengan variasi temperatur hasil pengujian <i>Weight Loss</i>	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Hubungan age hardening dengan temperatur dan waktu	16
Gambar 2.2 Flowchart Perubahan Fasa	21
Gambar 2.3 Grafik Perubahan Fasa.....	24
Gambar 2.4 Sketsa Pengujian <i>Vickers</i>	24
Gambar 2.5 Sudut Luas Permukaan Jejak	28
Gambar 2.6 Indentor Intan Pengujian <i>Vickers</i>	29
Gambar 2.7 Mesin Pengujian <i>Vickers</i>	30
Gambar 2.8 Jenis Bentuk Jejak	31
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i>	37
Gambar 3.2 Benda Uji yang Sudah Dipotong.....	40
Gambar 3.3 <i>Thermolyne type 48000 furnace</i>	41
Gambar 3.4 Mesin Pengujian <i>Vickers</i>	42
Gambar 3.5 Pengukur Berat dan <i>Heater</i>	43
Gambar 3.6 Pengujian <i>Weight Loss</i>	44
Gambar 3.7 <i>Olympus Video</i> , Mikroskop dan Komputer	45
Gambar 3.8 Mesin <i>Grinding dan Polishing</i>	46
Gambar 3.9 Bahan dan Peralatan Etsa	46
Gambar 4.1 Hasil Penetrasi dari Indentor Mesin <i>Vickers</i>	49
Gambar 4.2 Grafik Nilai Kekerasan AA6061.....	52
Gambar 4.3 Grafik Laju Korosi AA6061.....	56
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Laju Korosi dan Nilai Kekerasan Aluminium Paduan.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Aluminium Berdasarkan Presantase Kemurnian.....	8
Tabel 2.2 Unsur Paduan Utama Pada Seri Paduan.....	11
Tabel 2.3 Pengaruh Unsur Paduan Pada Aluminium.....	14
Tabel 2.4 Perbedaan Aluminium Paduan 6061 dan 6061.	17
Tabel 2.5 Angka Hasil Kekerasan <i>Vickers</i> Dari Beberapa Material	32
Tabel 3.1 <i>Chemical composition</i> % of AA 6061.....	39
Tabel 3.2 <i>Mechanical Properties</i> of AA 6061.....	39
Tabel 4.1 Spesifikasi Pengujian Kekerasan Metode <i>Vickers</i>	50
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan AA6061.....	51
Tabel 4.3 Spesifikasi Pengujian <i>Weight Loss</i>	54
Tabel 4.4 Analisa Data <i>Weight Loss</i>	55
Tabel 4.5 Klasifikasi Jenis Korosi Melalui Struktur Mikro.....	59



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak berlangsungnya revolusi industri yang terjadi pada pertengahan abad ke-17, proses industrialisasi masih berlangsung dengan sangat cepat hingga sekarang. Perkembangan proses produksi berbagai macam keperluan manusia yang semakin pesat ini diberi istilah kebanyakan orang sebagai era modern. Perubahan mendadak dalam proses produksi yang terjadi pada masa revolusi industri tersebut diprakarsai oleh James Watt yang menemukan mesin uap, penemuannya ini membuat industri - industri pada negara kebangsaannya Inggris mengalami perubahan-perubahan yang signifikan pada cara mengelolah materialnya menjadi bahan jadi, proses produksi pada pabrik yang semula menggunakan tangan kosong berubah menggunakan mesin-mesin yang sangat memudahkan manusia pada segi produksi.

Fenomena perubahan yang terjadi pada cara memproduksi barang didalam pabrik ini menyebabkan suplai barang pabrik meningkat secara drastis hingga mengakibatkan jumlah barang suplai melebihi jumlah permintaan pasar, peristiwa ini mengharuskan negara-negara kapitalis meningkatkan kinerjanya pada segi ekspor agar barang yang disuplai dari pabrik dapat terjual secara masif sehingga tidak menyebabkan kerugian didalam negara. Kegiatan ekspor ini salah satunya menggunakan transportasi laut yaitu kapal. Negara besar hingga saat ini tetap berusaha melakukan penelitian pada transportasi laut khususnya kapal dengan tujuan meningkatkan kinerja dari segi ekspor itu sendiri, salah satu penelitian tersebut adalah dengan mencari material yang sekiranya murah dan memiliki sifat tahan korosi, karena air laut itu sendiri memiliki kadar garam dan asam yang terbilang tinggi, salah satu penemuan yang sangat bermanfaat pada bidang ini adalah pembuatan kapal dengan bahan aluminium.

Aluminium adalah salah satu pemilihan material yang sangat tepat untuk perancangan kapal, karena sifatnya yang lebih ringan dari logam lain membuat penggunaan bahan bakarnya lebih efisien



daripada baja dan lebih tahan terhadap korosi. Logam aluminium yang umumnya digunakan untuk perancangan kapal adalah salah satunya adalah aluminium dengan nomor komposisi 6061, untuk membuat aluminium dapat mencapai kekerasan dan kekuatan optimumnya adalah salah satunya dengan cara memperlakukan *aging treatment* pada aluminium paduan 6061. Penelitian ini dilakukan merujuk pada jurnal yang dibuat oleh bapak herman praktikno dari teknik kelautan pada tahun 2014. Beliau mengamati perbedaan nilai kekerasan dan laju korosi yang terjadi pada aluminium paduan 6063 yang telah diberikan perlakuan *artificial aging* dan *natural aging* dan diuji ketahanan korosinya didalam larutan NaCl, dan hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah benda uji yang diberikan perlakuan *natural aging* memiliki nilai kekerasan tertinggi dan paling tahan dengan perilaku korosi. Pada penelitian ini saya akan melakukan proses *aging treatment* yaitu *artificial aging* pada aluminium paduan 6061 untuk menganalisa pengaruhnya terhadap laju korosi dengan menggunakan medium larutan HCl dengan menggunakan metode *weight loss* serta mengamati pengaruhnya terhadap struktur mikro dan makro pada aluminium paduan 6061.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul. Diantara rumusan tersebut adalah :

- 1) Bagaimana pengaruh proses *aging treatment* dengan variasi temperatur terhadap struktur mikro aluminium 6061 setelah diberlakukan korosi dengan medium larutan HCL ?
- 2) Bagaimana pengaruh proses *aging treatment* dengan variasi temperatur terhadap sifat kekerasan ?
- 3) Bagaimana pengaruh proses *aging treatment* dengan variasi temperatur terhadap laju korosi aluminium paduan 6061 dengan medium larutan HCL ?

1.3 Batasan Masalah

Agar mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan tingkat ketelitian yang diinginkan, maka batasan masalah disusun agar



memperjelas arah dan mengendalikan model sistem yang akan dicapai, yaitu sebagai berikut :

- 1) Dimensi benda uji diasumsikan sama.
- 2) Penelitian ini hanya membahas logam aluminium paduan 6061 beserta sifat kekerasan, laju korosi dan mikro struktur.
- 3) Temperatur air yang digunakan sebagai media pendingin saat proses *quenching* adalah 25°C.
- 4) Variasi temperatur adalah 150°C, 175°C, 200°C, 225°C dan 250°C

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *aging* terhadap laju korosi didalam larutan HCL pada aluminium paduan 6061.
- 2) Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *aging* nilai kekerasan pada aluminium paduan 6061.
- 3) Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *aging* terhadap struktur mikro pada aluminium paduan 6061 setelah bereaksi dengan larutan HCL dan menyebabkan korosi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah perlakuan panas *artificial aging* berpengaruh terhadap sifat kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada aluminium paduan 6061 sehingga bisa dipastikan seberapa optimal sifat mekanis dan sifat kimiawi yang dapat dibawa oleh aluminium paduan 6061 jika diberikan *artificial aging treatment* khususnya pengaplikasiannya dalam pembuatan kapal. Sehingga nantinya diharapkan bermanfaat untuk masyarakat luas.



1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjas mengenai bagian – bagian tugas akhir, diantaranya :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan secara singkat tinjauan secara umum mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, tujuan, sistematika penulisan dan manfaat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi dan langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah pengujian metalografi dan laju korosi.

BAB V PENUTUP

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan, berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun *website* yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.



LAMPIRAN

Berisi tentang perhitungan pada pengujian impak , kekerasan pada setiap variasi yang digunakan. Sertifikat komposisi aluminium paduan 6061.



(halaman sengaja dikosongkan)



BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Aluminium

Aluminium adalah salah satu unsur yang jumlahnya melimpah pada bumi yaitu dengan kandungan 8% pada keraknya. Aluminium pertama kali ditemukan oleh Sir Humphey Davy pada tahun 1809, kemudian Hans Cristian Oerted mereduksinya sebagai logam pertama kali pada tahun 1825. Paul Heriult di Prancis dan C.M. Haal di Amerika pada tahun 1886, secara terpisah telah menemukan logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa (Ir. Surdia, Tata 1995). Setiap tahunnya penggunaan aluminium pada semua bidang adalah urutan yang kedua setelah besi dan baja, tertinggi di antara logam *non ferro*.

Aluminium terbentuk dari biji aluminium yaitu bauksit yang memiliki banyak senyawa aluminium hidroksida, material ini banyak terdapat didaerah tropis dan subtropis yang memiliki kadar curah hujan yang tinggi. Bauksit terbentuk dari proses pelapukan (*weathering*) batuan beku, yang mengandung 60 % aluminium oksida (Al_2O_3), 10% besi oksida (Fe_2O_3), 10 % SiO_2 dan 20 % H_2O .

Aluminium termasuk kedalam logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Untuk mengoptimalkan sifatnya, material ini biasanya dipadukan dengan berbagai unsur sesuai, unsur-unsur yang biasanya ditambahkan pada aluminium adalah Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan lain sebagainya. Penambahan unsur-unsur ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan beberapa sifat-sifat mekanis dari aluminium. Penambahannya bisa satu unsur saja atau lebih. Sifat-sifat yang menguntungkan dari penambahan beberapa unsur diatas adalah seperti menambah kemampuan ketahanan aluminium terhadap korosi, ketahanan terhadap aus dan lain sebagainya. Aluminium dipergunakan di dalam



banyak bidang yaitu untuk peralatan rumah tangga, keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb.

Dengan melakukan proses elektrolisa kepada aluminium cair umumnya didapatkan kemurnian 99,85% berat. Dengan mengelektrolisa kembali dapat dicapai kemurnian 99,99% berat.

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Aluminium Berdasarkan Presentase Kemurnian

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653 – 657
Panas jenis (cal/g°C)(100)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaiian (20 - 100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	23×10^{-6}
Jenis kristal, kontraksi kisi	<i>fcc</i> , a = 4,013 Kx	<i>fcc</i> , a = 4,04 kX

Catatan : *fcc* = face centered cubic = kubus berpusat muka

(Sumber : Surdia T,Saito S, : Pengetahuan Bahan Teknik, hal 134)

2.1.1 Sifat-Sifat Aluminium

Aluminium membawa beragam sifat yang memberi keuntungan kepada pembangunan peradaban modern manusia, berikut ini adalah sifat-sifat dari aluminium, antara lain :

1. Aluminium memiliki berat jenis yang rendah yang bisa dibilang rendah dibandingkan dengan logam-logam yang lain, berat jenis aluminium yang hanya sepertiga dari berat jenis baja, berat jenis aluminium 2700 kg/m³ (berat jenis baja adalah 7700 kg/m³), kekuatan tarik 90–120 MPa, tegangan luluh 34 MPa, kekerasan 23 BHN dan modulus elastis (E) sebesar 70000 N/mm².
2. Aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi



(*corrosion resistance*), jika logam non ferro semakin besar kerapatannya maka semakin baik daya tahan korosinya, tetapi ketentuan ini tidak berlaku bagi logam aluminium. Hal ini disebabkan oleh lapisan atau selaput tipis oksida transparan dan jenuh oksigen di seluruh permukaan, selaput ini mengendalikan laju korosi dan melindungi lapisan di bawahnya.

3. Aluminium memiliki sifat mekanis yaitu kekuatan tarik, kekerasan, dan sifat mekanis lain yang sebanding dengan paduan bukan besi (*non ferrous alloys*) lainnya, dan juga sebanding dengan beberapa jenis baja.
4. Aluminium sebagai logam adalah penghantar panas dan listrik yang baik (*heat and electrical conductivity*), disamping daya tahan yang baik terhadap korosi, aluminium memiliki daya hantar panas dan listrik yang tinggi, daya hantar listrik aluminium murni sekitar 60 % dari daya hantar tembaga.
5. Tidak bersifat beracun maka dari itu aluminium dapat digunakan sebagai bahan pembungkus atau kaleng makanan dan minuman. Hal ini disebabkan reaksi kimia antara makanan atau minuman dengan aluminium tidak menghasilkan zat beracun yang membahayakan kesehatan manusia.
6. Aluminium dapat dibentuk dengan mudah, aluminium mempunyai sifat mudah untuk di tempa (*malleability*) yang memungkinkannya dibuat dalam bentuk plat atau lembaran tipis.
7. Memiliki titik lebur yang rendah (*melting point*), titik lebur aluminium relatif rendah (660°C) sehingga sangat baik untuk proses penuangan dengan waktu peleburan relatif singkat dan biaya operasi lebih murah.
8. Selain sifat-sifat tersebut diatas, masih banyak sifat-sifat aluminium yang menguntungkan antara lain anti



magnetik, nilai arsitektur dan dekoratif, mudah untuk dilakukan proses pengerjaan akhir (*finishing*) dan lain sebagainya.

2.1.2 Klasifikasi Aluminium

Pada umumnya semua jenis logam pada kondisi murni memiliki kegunaan yang sempit. Oleh karena itu dengan menambahkan elemen lain pada suatu material akan merubah sifat fisik maupun mekanik dari suatu material sehingga material tersebut lebih dapat diaplikasikan diberbagai keadaan, begitu juga dengan aluminium. Misalnya penambahan unsur tembaga pada aluminium akan meningkatkan kekerasan, namun mengurangi ketahanan terhadap korosi. Terdapat 15 unsur yang dapat dipadukan dengan aluminium dan semuanya dapat merubah sifat fisik maupun mekanik dari aluminium. Larutan dalam logam utama memiliki batas kelarutan maksimum. Apabila larutan melebihi daya larut maksimum maka akan membentuk fasa lain. Paduan yang masih dalam batas kelarutan disebut dengan paduan logam fasa tunggal. Sedangkan paduan yang melebihi batas kelarutan disebut dengan paduan fasa ganda. Peningkatan kekuatan dan kekerasan logam paduan disebabkan oleh adanya atom-atom yang larut yang menghambat pergerakan dislokasi dalam kristal sewaktu deformasi plastik. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu paduan tempa (*wrought alloy*) dan paduan cor (*cast alloy*).

Untuk lebih jelasnya pengelompokan paduan aluminium ditunjukkan pada tabel berikut:



Tabel 2.2 Unsur Paduan Utama Pada Seri Paduan

Seri Paduan	Unsur Paduan Utama
1xxx	Al \geq 99 %
2xxx	Cu atau Cu + Mg
3xxx	Mn
4xxx	Si
5xxx	Mg
6xxx	Mg + Si
7xxx	Zn + Mg atau Zn + Mg + Cu
8xxx	Unsur lain

(Sumber : Malau V : Bahan Teknik Manufaktur, Diktat Kuliah, USD Yogyakarta)

Menurut *Aluminium Association* (AA) sistem di Amerika, penamaan paduan aluminium:

a. Paduan cor (*casting alloys*) digunakan sistem penamaan empat angka. Angka pertama menunjukkan kandungan utama paduannya. Dua angka selanjutnya menunjukkan penandaan dari paduannya. Angka terakhir yang di pisahkan dengan tanda desimal merupakan bentuk dari hasil pengecoran, misalnya *casting* (0) atau *ingot* (1,2) .

b. Paduan tempa (*wrought alloys*) menggunakan sistem penamaan empat angka juga tetapi penamaannya berbeda dengan penamaan pada paduan jenis cor. Angka pertama menyatakan kelompok paduan atau kandungan elemen spesifik paduan, angka kedua menunjukkan perlakuan dari paduan asli atau batas kemurnian. Sedangkan dua angka terakhir menunjukkan paduan aluminium atau kemurnian aluminium.

Dari dua kelompok paduan aluminium diatas dikelompokkan lagi menjadi dua kelompok yaitu tidak dapat diperlaku-panaskan dan dapat diperlaku-panaskan. Untuk paduan aluminium jenis cor yang dapat diperlaku-panaskan meliputi seri 2xxx, 3xxx, 7xxx dan 8xxx yang tidak dapat diperlaku-



panaskan meliputi seri 1xxx, 4xxx dan 5xxx. Sedang aluminium jenis tempa yang tidak dapat diperlaku-panaskan meliputi seri 1xxx, 3xxx, 4xxx, dan 5xxx, yang dapat diperlaku-panaskan adalah seri 2xxx, 6xxx, 7xxx, dan 8xxx. Sifat-sifat umum pada paduan aluminium adalah:

a. Jenis Al- murni teknik (seri 1xxx)

Elemen paduan utama seri ini adalah besi dan silikon.

Jenis paduan ini mempunyai kandungan aluminium 99,0%. Aluminium dalam seri ini memiliki kekuatan yang rendah tapi memiliki sifat tahan korosi, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik juga memiliki sifat mampu las dan mampu potong yang bagus. Aluminium seri ini banyak digunakan untuk *sheet metal work*.

b. Paduan Al-Cu (seri 2xxx)

Elemen paduan utama pada seri ini adalah *copper*, tetapi magnesium dan sejumlah kecil elemen lain juga ditambahkan untuk kebanyakan paduan jenis ini. Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan, sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibandingkan dengan jenis paduan yang lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang seperti duralumin (2017) dan super duralumin (2024).

c. Paduan jenis Al-Mn (seri 3xxx)

Mangan merupakan elemen paduan utama seri ini. Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan, sehingga kenaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin pada proses pembuatannya. Bila dibandingkan dengan jenis



aluminium murni, paduan ini mempunyai sifat yang sama dalam hal ketahanan terhadap korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya, sedangkan dalam hal kekuatannya, jenis paduan ini jauh lebih unggul.

d. Paduan jenis Al-Si (seri 4xxx)

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya maka paduan jenis Al-Si banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor atau tempa.

e. Paduan jenis Al-Mg (seri 5xxx)

Magnesium merupakan paduan utama dari komposisi sekitar 5%. Jenis ini mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut dan sifat mampu lasnya. Paduan ini juga digunakan untuk *sheet metal work*, biasanya digunakan untuk komponen bus, truk, dan untuk aplikasi kelautan.

f. Paduan jenis Al-Mg-Si (seri 6xxx)

Elemen paduan seri 6xxx adalah magnesium dan silikon. Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku-panaskan dan mempunyai sifat mampu potong dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul. Paduan jenis ini banyak digunakan untuk tujuan struktur rangka.

g. Paduan jenis Al-Zn (seri 7xxx)

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 504 Mpa, sehingga paduan ini



dinamakan juga ultra duralumin yang sering digunakan untuk struktur rangka pesawat. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu las dan daya tahannya terhadap korosi kurang menguntungkan. Akhir-akhir ini paduan Al- Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan daya tahan korosi yang lebih baik daripada paduan dasar Al- Zn.

Berikut ini adalah pengaruh unsur paduan pada aluminium dalam bentuk tabel :

Tabel 2.3 Pengaruh Unsur Paduan Pada Aluminium

	Mg	Cu	Si	Zn	Mn	Pb
Batas getas	++	++	+	++	+	0
Daya tahan terhadap korosi	++	-	++	-	++	0
Kemampuan dituang	+	0	++	0	0	0
Kemampuan diproses cutting	+	0	+	+	-	-

(Sumber : Suroto,A.Sudibyo,b.Ilmu Logam)

Keterangan :

- ++ : Sangat meningkat
- +
-
- 0

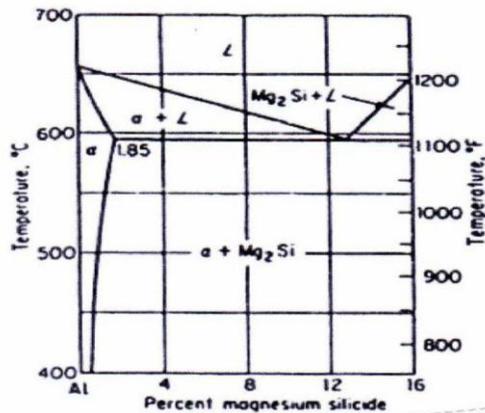
Menurut metode pengerasannya, aluminium dibagi menjadi dua kelompok yaitu *Heat Treatable* dan *Non Heat Treatable*. Yang membedakan kelompok masing-masing adalah untuk kelompok *Heat Treatable* merupakan paduan aluminium yang dapat diperkeras dengan proses penuaan (*Aging*), sedangkan *Non Heat Treatable* tidak dapat diperkeras dengan proses penuaan (*Aging*) tetapi dapat dilakukan penguatan larutan-padat (*Solid Solution Strengthening*), pengerasan butir (*Strain Hardening*), atau pengerasan dispersi (*Dispersion Strengthening*). Paduan tempa yang dapat



diperkuat menggunakan proses perlakuan panas yaitu pada paduan aluminium seri 2xxx, 6xxx, 7xxx dan beberapa jenis dari seri 8xxx. Paduan *non heat treatable alloys* pada paduan aluminium seperti seri 1xxx, 3xxx, 4xxx, dan 5xxx memiliki sifat mekanik yang diperoleh melalui mekanisme *hot working* dan *cold working* selama proses produksi dan pasca produksi yang menggunakan proses pengerasan.

2.1.3 Aluminium 6061 dan Paduannya

Aluminium dengan nomor seri 6xxx memiliki paduan yaitu magnesium dan silikon. Kedua unsur tersebut yang membuat paduan ini masuk dalam klasifikasi paduan aluminium yang dapat diberi perlakuan panas sehingga sifat mekanisnya dapat mencapai optimum. Dari klasifikasi 6xxx ini dapat diperoleh aluminium paduan 6061 dan 6063. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan–paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagainya. Paduan 6063 dipergunakan untuk rangka–rangka konstruksi, maka selain dipergunakan untuk rangka konstruksi. Dalam hal ini unsur Mg meningkatkan respon terhadap perlakuan panas bahan. Peningkatan tersebut terjadi karena adanya presipitasi Mg_2Si . Paduan 5053, 6063 dan 6061 merupakan paduan dari sistem ini yang mempunyai kekuatan kurang baik sebagai paduan tempa dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya pada temperatur kamar serta tahan korosi. Pada penelitian ini dilakukan observasi terhadap aluminium paduan 6061 karena memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari aluminium 6063 dan paduan seri 6xxx ini adalah termasuk dalam klasifikasi aluminium paduan yang dapat diberikan *heat-treatment*, sehingga sifat-sifat mekanisnya dapat dioptimalkan. Berikut ini adalah diagram fasa dari aluminium paduan seri 6061 :



Gambar 2.1 Diagram Fasa Al-Mg-Si
(Sumber : Sidney, H.A., 1974)

Menurut diagram fasa diatas dapat diketahui bahwa temperatur dimana mulai terbentuknya fasa liquid ada pada temperatur diatas 600 °C tetapi pada penelitian ini dilakukan solution heat treatment dengan temperatur 300 °C, hal ini dilakukan karena merujuk pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Miftah Nashrullah pada tahun 2018 dengan melakukan pemanasan dengan menggunakan dapur pemanas yang sama pada temperatur 500 °C hingga 400 °C terjadi peleburan pada aluminium paduan 6061 ketika dicoba untuk diberikan perlakuan solution heat treatment sehingga diambil keputusan untuk menetapkan suhu untuk solution heat treatment dengan temperatur 300 °C dan tidak terjadi peleburan, hal ini dapat terjadi dikarenakan keterbatasan dari alat tersebut yaitu dapur pemanas yang tidak memberikan indikasi temperatur didalam dapur pemanas secara tepat. Oleh karena itu pada penelitian ini telah ditetapkan temperatur 300 °C sebagai temperatur solution heat treatment diasumsikan sama dengan temperatur 500°C. Pada aluminium paduan 6061



unsur paduan dengan presentase kandungan paling tinggi setelah aluminium adalah magnesium dan silikon. Penambahan magnesium akan meningkatkan nilai kekuatan, nilai kekerasan dan menghaluskan butiran kristal secara efektif pada aluminium begitupun juga dengan unsur paduan silikon yang dapat menambahkan sifat keras dan kuat pada logam aluminium murni.

Berikut ini adalah tabel yang menjelaskan perbedaan antara aluminium paduan 6061 dan 6063 :

Tabel 2.4 Perbedaan Aluminium *Alloy* 6061 dan 6063

Paduan	6061			6063		
	O	T4	T6	T5	T6	T83
Kekuatan tarik (kgf/mm ²)	12,6	24,6	31,6	19,0	24,6	26,0
Kekuatan mulur (kgf/mm ²)	5,6	14,8	28,0	14,8	21,8	24,6
Perpanjangan (%)	30	28	15	12	12	11
Kekuatan geser (kgf/mm ²)	8,4	16,9	21,0	11,9	15,5	15,5
Kekerasan <i>Brinell</i>	30	65	95	60	73	82
Batas lelah (kgf/mm ²)	6,3	9,5	9,5	6,7	6,7	-

(Sumber : Surdia, T.Saito, S. Pengetahuan Bahan Teknik, hal.140)

2.2 Korosi

Korosi merupakan suatu proses perusakan logam oleh suatu reaksi kimia atau elektrokimia sebagai akibat interaksi antara logam dengan lingkungannya. Banyak upaya dilakukan untuk mengatasi proses perusakan tersebut namun proses korosi tidak dapat diatasi secara menyeluruh. Masalah korosi memang sangat sukar untuk ditanggulagi secara tuntas, akan tetapi karena masalah korosi mengikuti hukum (kaidah) tertentu, maka proses korosidapat diusahakan untuk bisa dikendalikan. Usaha pengendalian korosi ditunjukkan agar



proses korosi berlangsung lambat sehingga kerugian korosi per satuan waktu dapat diperkecil. Hal tersebut dapat dicapai apabila dilakukan pengkajian yang seksama terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi proses korosi. Upaya pengendalian korosi merupakan bagian dari pelaksanaan perawatan terhadap peralatan-peralatan dalam lingkup sistem yang berpotensi menimbulkan suatu proses korosi. Kecermatan didalam menerapkan teknik perawatan sangat berpengaruh terhadap *performance* dan umur peralatan tersebut. Dengan demikian para teknisi yang terlibat dalam upaya pengendalian korosi harus memahami secara tepat karakteristik material dari peralatan, kondisi operasi peralatan dan jenis lingkungan dimana peralatan tersebut beroperasi agar tingkat kegagalan (*failure*) dapat diminimalkan.

2.2.1 Karakteristik Korosi Logam Aluminium

Seperti yang tertera di dalam deret volta diantara logam-logam struktural, aluminium merupakan logam yang paling reaktif. Ketahanan korosi yang dimiliki oleh aluminium disebabkan oleh adanya lapisan oksida yang tipis menempel sangat kuat di permukannya. Pada berbagai lingkungan, jika lapisan ini rusak karena tergores, maka dengan seketika lapisan tersebut dapat diperbaiki kembali. Meskipun lapisan ini sangat tipis (1nm) namun lapisan ini sangat efektif dalam melindungi aluminium dari proses korosi. Lapisan tersebut lazimnya terdiri dari dua bagian. Lapisan oksida bagian dalam yang bersentuhan dengan permukaan logam merupakan suatu lapisan yang kompak, amorf dan lapisan sebelah luar relatif lebih tebal, permeabel dan terdiri dari oksida yang terhidrasi. Karakteristik korosi logam aluminium lazimnya dikaitkan dengan sifat kimia dari lapisan-lapisan oksida tersebut. Lapisan oksida tersebut merupakan hasil keseimbangan dinamik antara dua gaya yang saling berlawanan, yaitu yang cenderung membentuk lapisan yang



kompat dan yang lainnya cenderung mempunyai tendensi untuk mengelupas. Aluminium dengan tipe paduan 6xxx merupakan paduan yang memiliki kekuatan yang relatif tinggi dan ketahanan terhadap korosi yang sangat baik. Fasa MgSi merupakan fasa yang dimanfaatkan didalam proses pengerasan presipitasi. Pengaruh MgSi terhadap potensial korosi dapat diabaikan. Penambahan unsur Cu untuk meningkatkan kekuatan biasanya dibatasi agar tidak mempengaruhi ketahanan korosinya. Ketahanan paduan ini menurun jika kadar Cu meningkat. Disamping itu jika kadar Si terlalu tinggi, maka paduan ini menjadi rentan terhadap korosi batas butir.

2.2.2 Jenis-jenis korosi yang Lazim Terjadi pada Logam Al dan Paduannya

Berikut merupakan jenis-jenis korosi yang lazim terjadi pada logam aluminium dan paduannya:

a. Korosi pitting (sumuran)

Korosi pitting pada Al disebabkan oleh ion-ion halida seperti ion Cl. Pitting pada Al dalam larutan halida (pada keberadaan oksigen) terjadi karena Al terpolarisasi ke potensial pitting-nya. Jika tidak ada oksigen, Al tidak akan terserang pitting. Dalam larutan garam non halida yang teraerasi, umumnya Al tidak akan terserang pitting karena potensial pittingnya lebih bersifat mulia dari pada dalam larutan halida.

b. Korosi Intergranular

Korosi batas butir merupakan serangan selektif terhadap batas butir yang disebabkan adanya perbedaan potensial antara batas butir dan sekitarnya. Pada paduan 2xxx, korosi batas butir terjadi apabila kadar Cu di batas butir menurun. Pada paduan 5xxx, korosi batas butir terjadi apabila senyawa Mg-Al yang lebih



anodik terbentuk disepanjang batas butir. Pada paduan 7xxx yang tidak mengandung Cu, korosi batas butir terjadi apabila senyawa Zn dan Mg yang anodik terbentuk di batas butir. Paduan 6xxx umumnya lebih tahan terhadap korosi batas butir.

c. Korosi erosi

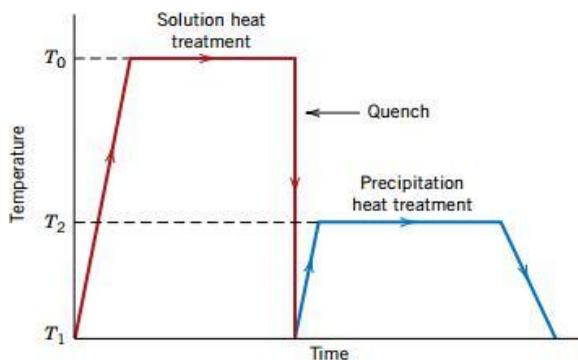
Didalam lingkungan yang tidak korosif seperti misalnya didalam air dengan tingkat kemurnian yang tinggi, paduan aluminium yang ketahanan mekaniknya lebih kuat memiliki ketahanan terhadap korosi erosi yang lebih besar, karena ketahanannya dikontrol hanya oleh karakteristik mekanik dari sistem. Sedangkan pada lingkungan korosif, komponen korosi menjadi faktor pengontrol. Jadi ketahanan terhadap korosi erosi akan semakin besar pada paduan Al yang lebih tahan korosi meskipun kekuatannya lebih rendah. Untuk memperkecil timbulnya korosi erosi, lazimnya digunakan inhibitor atau proteksi katodik.

2.3 Age Hardening

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan atau pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari logam tersebut. Dari perlakuan panas, logam dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan meningkatkan kemampuan potongnya, selain dapat mengeraskan suatu logam, proses perlakuan panas juga dapat melunakkan suatu logam dengan tujuan untuk memudahkan proses pemesinannya. Melalui proses perlakuan panas yang tepat maka bisa menghilangkan tegangan dalam, memperbesar atau memperkecil butiran, meningkatkan ketangguhan serta dapat pula menghasilkan permukaan keras pada logam yang memiliki sifat *ductile*. Salah satu perlakuan panas ini adalah *age hardening*. *Age hardening* adalah proses penuaan pada suatu logam, proses ini terbagi menjadi dua bagian sesuai



waktunya, yaitu *artificial aging* dan *natural aging*. Proses *natural aging* terjadi pada temperatur kamar dengan waktu yang relatif lama sedangkan *artificial aging* adalah proses penuaan dengan temperatur tinggi dan waktu yang relatif singkat, proses *artificial aging* pada aluminium terjadi pada kisaran temperatur 120°C – 180°C . Pada proses *age hardening* sangat erat hubungannya dengan waktu penahanan temperatur pada saat penuaan. Efek dari *artificial aging* adalah mengalami kenaikan pada titik tertentu dan jika dibiarkan akan mengalami penurunan pada titik maksimum atau biasa disebut dengan *overaging*, sehingga diperlukan metode yang tepat agar dapat menghasilkan kekerasan yang optimum.



Gambar 2.2 Grafik Hubungan Age Hardening dengan Temperatur dan Waktu (Sumber : Miftah,2018)

Pada *age hardening* terdapat beberapa proses yaitu pertama logam akan melalui proses *solution heat treatment* lalu didinginkan dengan cepat dengan media air, proses pendinginan ini dinamakan *quenching*, setelah melalui pendinginan cepat, logam siap untuk melalui proses *age hardening* dengan temperatur dan *holding time* yang telah ditentukan.



2.3.1 Tahap Perlakuan Panas Larutan

Tahap pertama dalam proses *precipitation hardening* yaitu *solid solution heat treatment* atau perlakuan panas pelarutan. *Solid solution heat treatment* dilakukan dengan temperatur 300° C dan waktu penahanan selama 1 jam. Pada tahap *solution heat treatment* terjadi pelarutan fasa- fasa paduan, menjadi satu fasa larutan padat. Tujuan dari *solution heat treatment* itu sendiri yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen. Selain dapat menghomogenkan sel satuan paduan menjadi sama, *solution treatment* juga dapat mengurangi porositas yang terjadi pada proses pengecoran, sebab gelembung udara yang terperangkap dalam butir akan tertutup dengan perpindahan unsur lain dari daerah yang tidak homogen. Syarat paduan dapat dilakukan *solution treatment* adalah pada diagram fasa dari paduan itu sendiri terdapat daerah dimana paduan dapat membentuk fasa yang tunggal. Nilai kekerasan pada paduan akan cenderung menurun setelah proses *solution treatment*, sebab butiran yang tersusun pada paduan telah homogen dan cenderung sama. Oleh karena itu tidak ada gaya yang menghambat pergerakan dislokasi pada material. Keadaan tersebut berbeda ke tika paduan aluminium telah mengalami penuaan, munculnya partikel kecil dari presipitat yang mengisi diantara butiran dapat menghambat pergerakan dislokasi, sehingga kekerasan dapat meningkat.

2.3.2 Tahap Pendinginan Cepat

Quenching merupakan tahap yang paling kritis dalam proses perlakuan panas. *Quenching* dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin. Dalam proses *age hardening* logam yang di-*quenching* adalah logam paduan aluminium yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin air. Dipilihnya air sebagai media pendingin pada proses



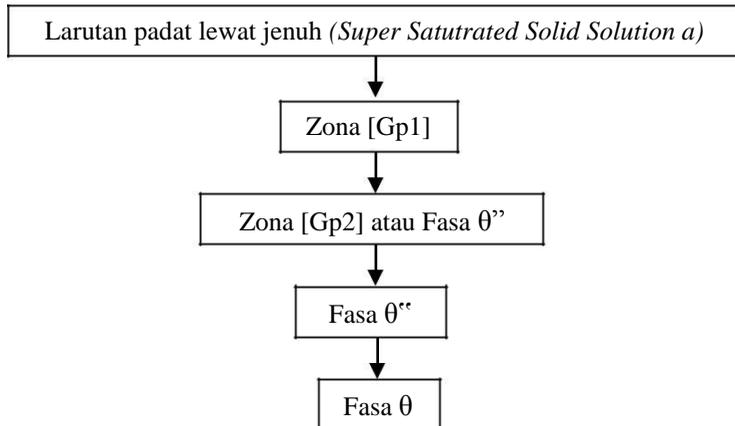
quenching karena air merupakan media pendingin yang cocok untuk logam yang memiliki tingkat kekerasan yang relatif rendah seperti logam paduan aluminium. Pendinginan dilakukan secara cepat, dari temperatur pemanas (300 °C) ke temperatur yang lebih rendah, pada umumnya mendekati temperatur ruang. Tujuan dilakukan *quenching* adalah unsur paduan yang terdapat pada larutan padat homogen yang telah terbentuk pada *solid solution heat treatment* tidak membentuk fasa baru (θ). Pada tahap *quenching* akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (*super saturated solid solution*) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang, sehingga unsur- unsur presipitat pada paduan aluminium akan mudah membentuk fasa baru. Karena bersifat tidak stabil setelah proses *quenching*, secara alami paduan akan membentuk presipitat dari unsur paduan (Magnesium dan Silikon) yang akan terus tumbuh hingga membentuk fasa baru (θ) dan akhirnya akan seimbang (sesuai pada kandungan awal). Pertumbuhan presipitat tersebut seiring bertambahnya waktu dan temperatur.

2.3.3 Tahap Penuaan

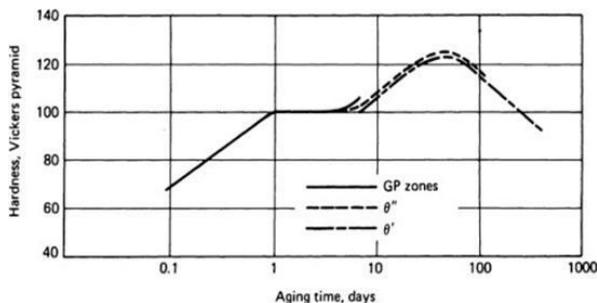
Setelah *solid solution heat treatment* dan *quenching* tahap selanjutnya dalam proses *precipitation hardening* adalah *aging* atau penuaan. *Aging* atau penuaan pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*). Penuaan alami (*natural Aging*) adalah penuaan pada paduan aluminium yang terjadi secara alami pada temperatur ruang atau dapat dikatakan pertumbuhan presipitat θ akan berjalan secara alami. *Natural aging* berlangsung pada temperatur ruang dan dengan waktu penahanan 5 sampai 8 hari. Sedangkan penuaan buatan (*artificial aging*) merupakan suatu metode untuk mempercepat pertumbuhan fasa presipitat θ pada temperatur tertentu. *Temperature artificial aging* yaitu pada temperatur antara 100 °C-200 °C akan berpengaruh pada tingkat kekerasan sebab pada proses *artificial aging* akan



terjadi perubahan-perubahan fasa atau struktur pada paduan. Perubahan fasa tersebut akan memberikan sumbangan terhadap penguatan. Urutan perubahan fasa dalam proses artificial aging adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 Flowchart Perubahan Fasa
(Sumber : Smith,1995)



Gambar 2.4 Grafik Perubahan Fasa
(Sumber : Smith,1995)

Gambar 2.3 dan 2.4 menjelaskan tentang perubahan fasa yang terbentuk pada proses presipitasi dimana fasa berawal dari *super saturated solid solution*, setelah proses *quenching*. Kemudian paduan akan mengalami penguatan atau munculnya



presipitat baru (θ) seiring bertambahnya waktu, baik dilakukan secara natural atau dipercepat (*artificial*). Pengerasan diawali pada fasa *GP zone* yang selanjutnya akan membentuk fasa yang setimbang (θ). Pada fasa setimbang, nilai kekerasan akan sama keadaannya awalnya (tidak di keraskan), oleh karena itu proses aging dilakukan secara tepat sehingga paduan berada pada fasa θ , dimana fasa θ merupakan fasa yang memiliki kekerasan yang paling tinggi. Berikut ini merupakan karakteristik dari setiap fasa yang terbentuk pada proses aging:

- a. Larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution α*) setelah paduan aluminium melawati tahap *solid solution heat treatment* dan *quenching* maka akan didapatkan larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution α*) pada temperatur kamar. Kondisi merupakan kondisi yang tidak stabil atau dengan kata lain fasa baru akan mudah terbentuk karena pengaruh temperatur dan waktu penahanan. Setelah pendinginan cepat atau *quenching*, maka logam paduan aluminium menjadi lunak jika dibandingkan dengan kondisi awalnya, sebab fasa yang terbentuk adalah fasa aluminium α dimana tidak ada fasa lain didalamnya.
- b. GP1 adalah zona presipitasi yang terbentuk oleh temperatur penuaan atau *aging* yang rendah dan dibentuk oleh segregasi atom paduan dalam larutan padat lewat jenuh atau *super saturated solid solution*. Zona GP1 akan muncul pada tahap mula atau awal dari proses *artificial aging*. Zona ini terbentuk ketika temperatur *artificial aging* dibawah $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau mulai temperatur ruang hingga temperatur $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan Zona GP1 tidak akan terbentuk pada temperatur *artificial aging* yang terlalu tinggi. Terbentuknya Zona GP1 akan mulai dapat meningkatkan kekerasan logam paduan aluminium. Jika *artificial aging* ditetapkan pada temperatur $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, maka tahap perubahan fasa hanya sampai terbentuknya zona GP1 saja. Proses pengerasan dari larutan padat lewat jenuh (*super*



- saturated solid solution* α) sampai terbentuknya zona GP1 biasa disebut dengan pengerasan tahap pertama.
- c. Zona GP2 atau fasa q'' . Setelah temperatur *artificial aging* melewati 100°C ke atas, maka akan mulai muncul fasa θ'' atau zona GP2. Pada temperatur 130°C akan terbentuk zona GP2 dan apabila waktu penahanan *artificial aging* terpenuhi maka akan didapatkan tingkat kekerasan yang optimal. Biasanya proses *artificial aging* berhenti ketika sampai terbentuknya zona GP2 dan terbentuknya fasa yang halus (precipitate θ'), karena setelah melewati zona GP2 maka paduan akan kembali menjadi lunak kembali karena mencapai keseimbangan fasa (θ). Jika proses *artificial aging* berlangsung sampai terbentuknya fasa θ' atau zona GP2, maka disebut dengan pengerasan tahap kedua.
 - d. Fasa θ'' . Jika paduan aluminium dinaikan temperatur aging atau waktu aging diperpanjang tetapi temperturnya tetap, maka akan terbentuk presipitat dengan struktur temperatur yang teratur yang berbeda dengan fasa θ . Fasa ini dinamakan fasa antara atau fasa θ'' . Terbentuknya fasa θ'' ini masih dapat memberikan sumbangan terhadap peningkatan kekerasan pada paduan aluminium. Peningkatan kekerasan yang terjadi pada fasa θ'' ini berjalan sangat lambat.
 - e. Fasa θ . Apabila temperatur dinaikan atau waktu penuaan diperpanjang, maka fasa θ'' berubah menjadi fasa θ . Jika fasa θ terbentuk maka akan menyebabkan paduan aluminium kembali menjadi kondisi setimbang antar paduannya (lunak). Oleh karena itu waktu penahanan dalam *artificial aging* merupakan salah satu komponen yang dapat mempengaruhi hasil dari proses *age hardening* secara keseluruhan. Seperti halnya temperatur, waktu penahanan pada tahap *artificial aging* akan mempengaruhi perubahan struktur atau perubahan fasa paduan aluminium. Sehingga pemilihan waktu penahan



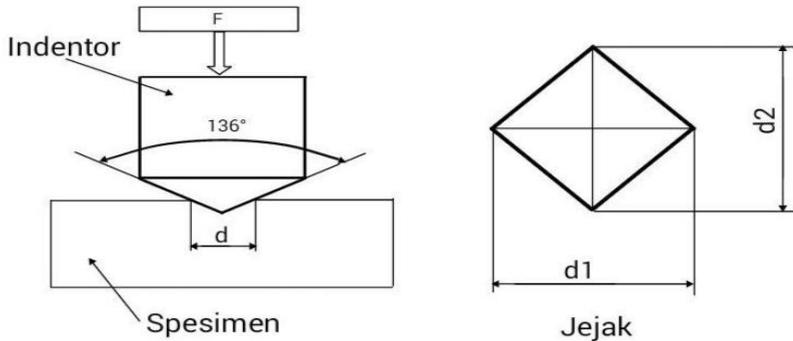
artificial aging harus dilakukan dengan hati- hati.

2.4 Pengujian Mekanik

Untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu logam maka perlu dilakukan beberapa pengujian mekanis sesuai dengan keperluan untuk mengetahui sifat-sifat dari suatu logam. Sebelum melakukan pengujian mekanik maka spesimen benda uji perlu dibentuk sesuai dengan standard pengujiannya. Pengujian juga harus dilakukan sesuai dengan SOP (*Standard Operating Procedure*), setelah pengujian dilakukan sesuai prosedurnya maka hasil dari pengujian dapat dianalisa dan ditarik kesimpulan dari pengujian tersebut. Beberapa dari sifat mekanis suatu bahan meliputi kekerasan, kekuatan, kekenyalan, kekakuan, plastisitas, ketangguhan, kelelahan, dan merangkak. Secara garis besar, pengujian mekanis terhadap benda uji dapat dibedakan atas pengujian bersifat merusak benda uji (destruktif) dan pengujian bersifat tidak merusak benda uji (non destruktif). Pengujian bersifat merusak benda uji akan menimbulkan kerusakan berarti pada benda uji setelah pengujian selesai. Pengujian bersifat merusak benda uji meliputi uji tarik, uji kelelahan, uji lengkung, uji kejut, uji tekan dll. Sedangkan pengujian yang bersifat tidak merusak benda uji meliputi uji kekerasan, uji ultrasonik, uji sinar x dan sinar γ . Pada penelitian ini pengujian mekanis yang dilakukan adalah pengujian kekerasan *vickers*.

2.4.1 Pengujian Kekerasan Vickers

Metode pengujian kekerasan *Vickers* dilakukan dengan cara menekan benda uji atau spesimen dengan indenter intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136° . Penekanan oleh indenter akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji.

Gambar 2.5 Sketsa Pengujian *Vickers*

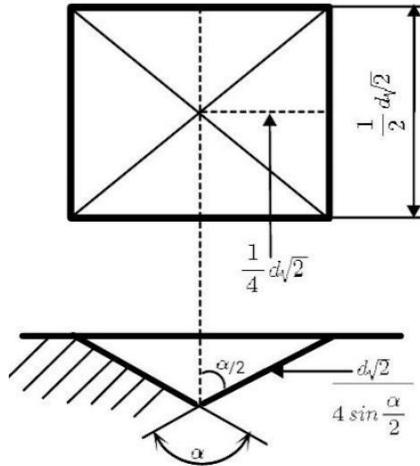
Untuk mengetahui nilai kekerasan benda uji, maka diagonal rata-rata dari jejak tersebut harus diukur terlebih dahulu dengan memakai mikroskop. Angka kekerasan *Vickers* dapat diperoleh dengan membagi besar beban uji yang digunakan dengan luas permukaan jejak. Berikut ini adalah penjelasan dari rumus pengujian kekerasan *vickers* :

$$HV = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

- HV = Nilai kekerasan vickers
- P = Gaya pembebanan (kgf)
- A = Luas permukaan jejak (mm^2)

Jika d merupakan diagonal rata-rata jejak, maka luas permukaan jejak dapat ditentukan sebagai berikut :



Gambar 2.6 Sudut Luas Permukaan Jejak

$$A = 4 \times \frac{1}{2} d \sqrt{2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{d \sqrt{2}}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} \right)$$

$$A = \frac{d^2}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}}$$

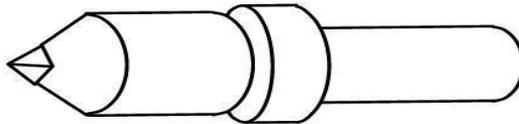
Jadi angka kekerasan vickers dapat diperoleh dengan rumus :

$$HV = \frac{P}{\frac{d^2}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}}}$$

$$HV = 1.854 \frac{P}{d^2}$$

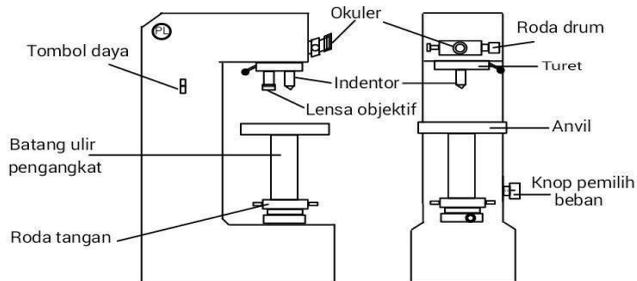


Rentang beban uji yang digunakan pada pengujian kekerasan Vickers berkisar antara 1 kgf sampai 120 kgf, dan beban uji yang umum digunakan adalah 5, 10, 30 dan 50 kgf. Sedangkan waktu penerapan beban uji (dwell time) standar biasanya dilaksanakan selama 10 -15 detik. Di dalam pengujian kekerasan Vickers perlu diperhatikan mengenai jarak minimal dari titik pusat jejak ke bagian pinggir spesimen, di mana menurut standar ASTM adalah sebesar 2,5 kali diagonal jejak. Dan jarak minimal antara jejak-jejak yang berdekatan juga 2,5 kali diagonal jejak. Sedangkan menurut standar ISO, jarak minimal dari titik pusat jejak ke bagian pinggir benda uji adalah 2,5 d untuk baja dan paduan tembaga dan 3 d untuk logam-logam ringan, sementara jarak minimal antara jejak adalah 3 d untuk baja dan paduan tembaga, dan 6 d untuk logam-logam ringan.



Gambar 2.7 Indentor Intan Pengujian Vickers

Berbeda dengan pengujian kekerasan Brinell dan pengujian kekerasan Rockwell yang menggunakan lebih dari satu jenis atau ukuran indenter, pengujian kekerasan *Vickers* hanya menggunakan satu jenis indenter, yaitu indenter intan berbentuk piramid yang dapat digunakan untuk menguji hampir semua jenis logam mulai dari yang lunak hingga yang keras. Ada beberapa jenis mesin yang digunakan untuk melaksanakan pengujian kekerasan Vickers, seperti mesin Vickers dengan tenaga hidrolik, mesin Vickers mekanis, mesin Vickers digital, mesin Vickers semi otomatis, dan mesin Vickers otomatis penuh. Salah satu jenis mesin Vickers mekanis diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.8 Mesin Pengujian *Vickers*

Pada pelaksanaan pengujian kekerasan material dengan metode Vickers, maka benda yang akan diuji harus memiliki permukaan yang rata, halus dan bersih yang bebas dari cat, kerak, oksida, minyak dan kotoran lainnya. Untuk mendapatkan kualitas permukaan spesimen seperti ini, umumnya dicapai dengan proses penggerindaan dan pemolesan. Seperti halnya pengujian kekerasan Brinell, di mana jika ukuran jejak semakin kecil, maka kekerasan benda uji juga semakin keras dan sebaliknya. Hal tersebut berlaku juga pada pengujian kekerasan Vickers. Pengujian kekerasan Vickers tidak cocok untuk menguji material yang tidak homogen, seperti besi tuang.

Cara penulisan kekerasan Vickers biasanya ditulis dalam bentuk angka yang diikuti dengan huruf HV (*Hardness Vickers*) dan besarnya beban uji. Sebagai contoh : 186 HV 30, artinya angka kekerasan material yang diuji adalah 186, beban uji yang digunakan adalah 30 kgf, dan lamanya waktu penerapan beban (*dwell time*) adalah 10 -15 detik. Bila waktu penerapan beban tidak terletak antara 10 -15 detik, maka waktu penerapan beban ujinya harus dicantumkan. Contoh : 472 HV 50/20, artinya angka kekerasan benda uji adalah 472, besar beban uji yang diterapkan 50 kgf, dan lamanya waktu



penerapan beban adalah 20 detik. Tabel di bawah ini merupakan contoh kekerasan Vickers dari beberapa bahan :

Tabel 2.5 Angka Hasil Kekerasan Vickers dari Beberapa Material

Bahan	HV
Timah	5
Aluminium	25
Tembaga	40
Paduan perunggu-seng	65
Baja karbon	55-120
Perunggu tuang	160
<i>Stainless steel</i>	180
Besi Tuang	200
<i>Mild steel</i>	230
Baja dikeraskan penuh	1000
Tungsten karbida	2500

Dibandingkan dengan pengujian kekerasan lainnya, pengujian kekerasan Vickers mempunyai beberapa keuntungan dan juga kerugian (kekurangan), seperti berikut.

Keuntungan :

- Menggunakan hanya satu jenis indentor untuk menguji material yang lunak hingga yang keras
- Pembacaan ukuran jejak dapat dilakukan lebih akurat.
- Jenis pengujian yang relatif tidak merusak.
- Metode Vickers dapat digunakan pada hampir semua logam.

- Secara keseluruhan, waktu pelaksanaan pengujian lama.
- Memerlukan pengukuran diagonal jejak secara optik.
- Permukaan benda uji harus dipersiapkan dengan baik.

Selain untuk pengujian kekerasan makro, metode Vickers dapat juga digunakan untuk melaksanakan pengujian kekerasan mikro (Vickers microhardness test). Rentang beban uji yang



digunakan pada pengujian kekerasan mikro Vickers ini adalah kecil, yaitu antara 1 gf hingga 1000 gf (1 kgf). Pengujian kekerasan mikro Vickers sangat cocok diterapkan pada bahan yang tipis, lapisan dari benda uji yang permukaannya dikeraskan, keramik, dan komposit.

2.4.2 Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi adalah suatu teknik atau ilmu untuk melihat struktur mikro dan makro material. Struktur mikro logam dapat diperoleh melalui proses penyiapan spesimen metalografi. Dengan tujuan untuk menganalisa struktur, mengenali fasa-fasa dalam struktur mikro, berdasarkan skala makro maupun skala mikro. Dibutuhkan mikroskop dengan perbesaran yang tinggi sampai 1000 kali agar dapat melihat struktur mikro suatu paduan (material). Gambar atau konfigurasi distribusi fase-fase struktur mikro apabila diamati dengan menggunakan mikroskop optic akan dapat dipelajari seperti :

- Type Fase
Pada type fase memiliki nama khas pada logam tertentu misalnya pada besi dapat berupa ferrit, perlit, eutectoid dan sebagainya.
- Ukuran butiran
Memiliki ciri-ciri dimensi dari fase dibandingkan dengan dimensi lainnya seperti ukuran grafit dan ukuran butiran.
- Distribusi
Pada distribusi yang menjadi pengamatan dalam sample tersebut yaitu daerah penyebarang masing-masing fase diantara luasan.

Melalui pengujian metalografi maka dapat dilihat dan dianalisa struktur mikronya kemudian dapat dikaitkan dengan sifat material tersebut. Pembentukan struktur mikro erat kaitannya dengan proses pembuatan material tersebut, meliputi pemberian paduan dan perlakuan lanjut seperti perlakuan panas .



2.5 Pengujian Kimiawi

Disamping memiliki sifat mekanis, suatu logam juga memiliki sifat kimiawi yang dapat dianalisa juga dengan beberapa pengujian yang sesuai dengan standard SOP (standard operation procedure), salah satu sifat kimiawi yang dapat dianalisa adalah ketahanannya terhadap korosi. Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas. Pada dasarnya uji korosi dapat dilakukan baik secara simulatif didalam laboratorium ataupun secara langsung di lapangan. Pengujian korosi di laboratorium biasanya dilakukan terhadap benda uji berupa potongan sampel yang diambil dari logam atau paduan yang akan dipakai seutuhnya. Lama pengujiannya mungkin hanya membutuhkan beberapa menit saja atau dapat juga selama beberapa bulan, tergantung pada metode yang digunakan. Salah satu metode sederhana yang dapat digunakan untuk menentukan laju korosi adalah dengan menghitung kehilangan berat atau weight gain loss. metode ini dilakukan dengan merendam sampel logam dalam media korosif tertentu. Pengujian ini biasa disebut dengan uji peredaman atau immersion test. Pengujian ini digolongkan sebagai pengujian yang dipercepat atau accelerated test. Dalam penelitian ini aluminium akan dihitung laju korosinya dengan metode weight gain loss melalui media larutan asam klorida (HCL).

Terdapat dua metode dalam menghitung laju korosi pada suatu logam, yaitu metode weight loss (kehilangan berat) dan metode elektrokimia. Berikut ini adalah penjelasan dari kedua metode tersebut :

1. Metode Weight Loss

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat dari suatu logam akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga didapatkan kekurangan berat pada logam akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat



akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut:

$$CR \text{ (mpy)} = \frac{W}{K \cdot D \cdot A \cdot T}$$

Keterangan :

CR : Corrosion Rate (mpy)

W : Weight Loss (gram)

K : Konstanta faktor

D : Densitas spesimen (g/)

Luas permukaan (c : Waktu)
(jam) T

Bila metode ini dijalankan dengan waktu yang lama dan sustainable, metode ini dapat dijadikan acuan terhadap kondisi tempat objek pengujian semula diletakkan (dapat diketahui seberapa korosif daerah tersebut) juga dapat dijadikan referensi untuk treatment yang harus diterapkan pada objek pengujian dan kondisi tempat objek tersebut.

2. Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode pengukuran laju korosi dengan menghitung beda potensial benda uji hingga didapat laju korosi yang terjadi. Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi pada waktu tertentu saja, hingga secara umur pemakaian maupun kondisi untuk dapat ditreatment tidak dapat diketahui. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat di ukur dan waktu pengujian tidak memakan waktu yang lama. Metode elektrokimia ini menggunakan rumus yang didasari pada Hukum Faraday yaitu menggunakan rumus sebagai berikut :



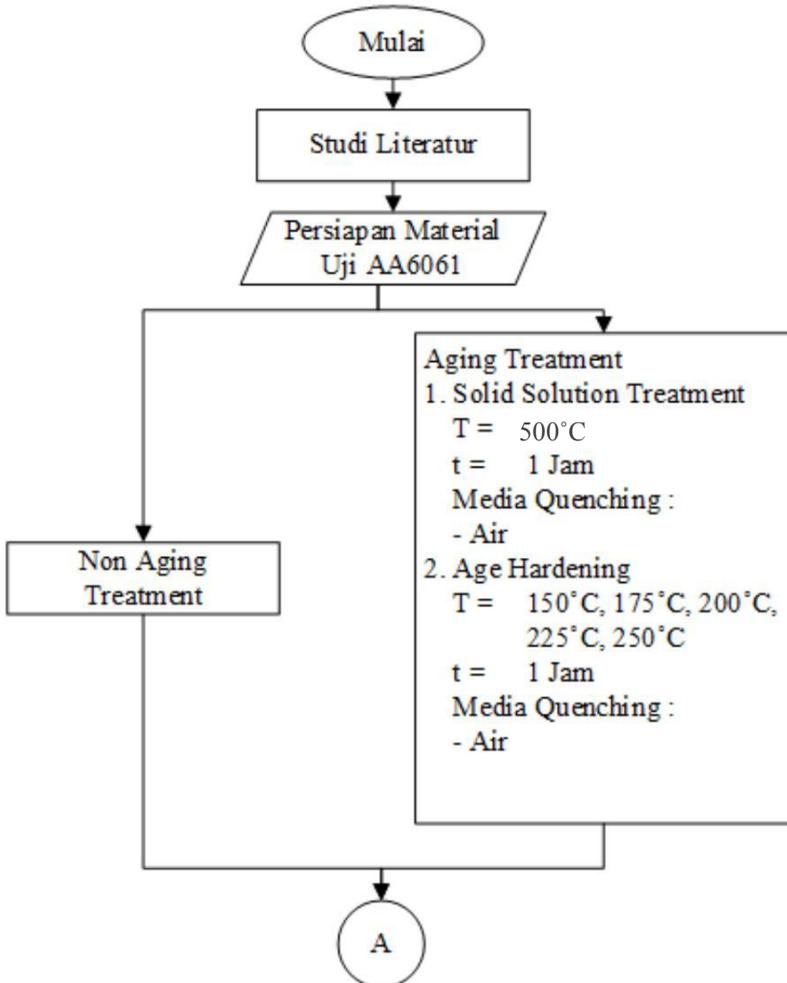
$$CR \text{ (mpy)} = K \text{ —}$$

Metode elektrokimia menggunakan pembandingan dengan meletakkan salah satu material dengan sifat korosif yang sangat baik dengan bahan yang akan diuji hingga beda potensial yang terjadi dapat diperhatikan dengan adanya pembandingan tersebut.

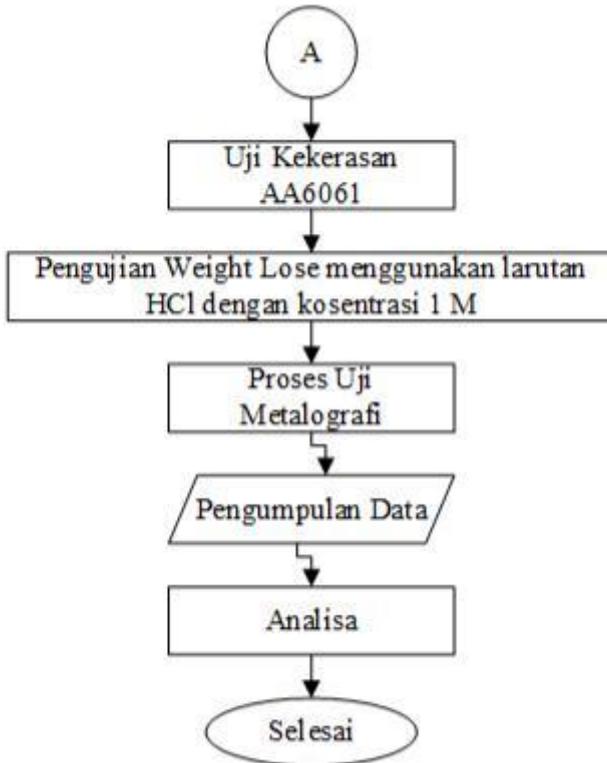


BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart



Gambar 3.1 *Flowchart* (Lanjutan)

3.2 Prosedur Penelitian

Untuk melakukan suatu penelitian, maka penelitian tersebut harus dilakukan dengan prosedur yang sistematis, prosedur penelitian berisikan runtutan langkah pengerjaan dari awal penelitian dimulai hingga penarikan kesimpulan, sehingga pembuatan suatu prosedur untuk suatu penelitian sangatlah penting.

3.2.1 Studi Literatur

Studi Literatur adalah langkah awal dari sebuah penelitian yaitu dengan cara mempelajari, mengobservasi serta menyusun alasan kenapa melakukan sebuah penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan penelitian

„



39 yang mendalam terhadap penelitian-penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan dan memiliki tema yang sama sehingga bisa dijadikan

refrensi untuk melakukan penelitian yang baru dan mengembangkannya. Pada tahap ini juga dilakukan tinjauan terhadap manfaat yang bisa diberikan dari hasil analisa penelitian tersebut.

3.2.2 Persiapan Material

Material yang dimanfaatkan untuk dilakukan pengujian untuk diteliti pada penelitian ini adalah Aluminium paduan dengan nomer komposisi 6061 dengan rincian paduan komposisi paduan dan sifat mekanis seperti yang dijelaskan pada tabel berikut ini

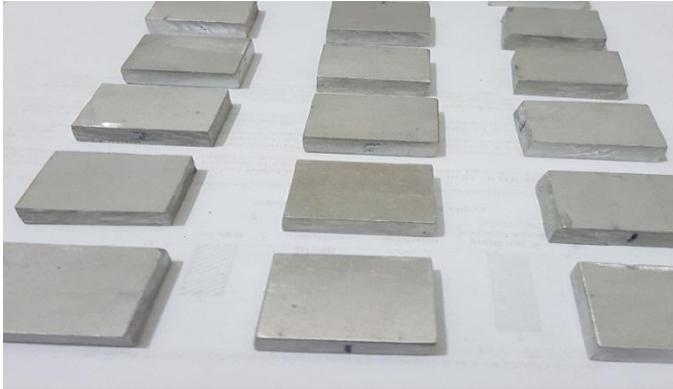
Tabel 3.1 *Chemical Composition % of AA 6061*

Element	Zn	Mg	Ce	Cr	Mn	Fe	Si	Ti
Contents	0.05	1.0	0.19	0.15	0.06	0.2	0.64	0.07

Tabel 3.2 *Mechanical Properties of AA 6061*

<i>Tensile Strength ksi</i>		<i>Yield Strength Ksi</i>		<i>Elongation %</i>		<i>Harness HB</i>
Min	Max	Min	Max	Min	Max	-
45.7	45.7	42.1	42.6	13.0	13.0	100.00

Pada penelitian ini material AA6061 dipotong menjadi ukuran (30x30x10)mm sesuai dengan standard ASTM G31. Berikut adalah gambar rincian ukuran material AA6061 yang sudah dipotong sesuai dengan standard ASTM G31. Berikut adalah gambar dari spesimen uji yang sudah dipotong sesuai dengan standard ASTM G31 :



Gambar 3.2 Benda Uji yang Sudah Dipotong

Benda uji yang dipotong sesuai standar ASTM G31 nantinya akan diberlakukan *age hardening*, uji kekerasan, uji *weight loss* dan uji metalografi.

3.2.3 Perlakuan *Artificial Aging* dan *Non-Aging* terhadap Aluminum 6061

Setelah benda uji dipotong sesuai dengan ukuran yang diharapkan maka langkah selanjutnya adalah dengan memberikan spesimen uji sebuah perlakuan panas yaitu *Artificial Aging* yang diharapkan nantinya akan merubah sifat mekanis dari benda uji khususnya yaitu sifat kekerasannya, karena tujuan dari perlakuan panas *artificial aging* sendiri adalah untuk mengoptimalkan sifat mekanis dari suatu bahan. Selain benda uji diberikan perlakuan panas, ada yang disisihkan untuk tidak diberikan perlakuan panas (*non-aging*) agar nantinya bisa dibandingkan nilai kekerasannya dengan spesimen yang diberikan perlakuan panas. Dapur pemanas yang digunakan untuk memanaskan spesimen uji pada penelitian ini adalah *Thermolyne type 48000 furnace*. Berikut adalah gambar dari *Thermolyne type 48000 furnace* yang tercantum pada gambar 3.3 dibawah ini :



Gambar 3.3 *Thermolyne Type 48000*

Berikut ini adalah tahapan-tahapan dari perlakuan panas artificial aging:

1. Mempersiapkan benda uji untuk perlakuan panas.
2. Spesimen uji dimasukkan kedalam dapur pemanas dengan. Menyetel dapur pemanas hingga 300°C yang diasumsikan temperatur tersebut sama dengan 500°C dan ditahan selama 1 jam
3. Spesimen uji dikeluarkan dari dapur pemanas menggunakan tang penjepit dan didinginkan secara cepat dengan media air.
4. Setelah spesimen uji melalui *solution heat treatment* dan *quenching* dengan medium air maka benda uji siap diberikan perlakuan panas lagi yaitu age hardening dengan cara memasukkan benda uji kedalam dapur pemanas yang telah disetel hingga mencapai 150°C dan ditahan selama 1 jam.
5. Lakukan langkah 1 sampai 4 dengan mengubah temperatur age hardening dengan variasi 150° , 175° , 200° , 225° dan 250° .



3.2.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan mengaplikasikan metode *vickers* dengan menggunakan mesin *hardenability test* yang mengacu pada standard uji kekerasan yaitu ASTM E 92-82. Pengujian dilakukan dengan menggunakan indenter intan berbentuk menyerupai piramid terbalik dengan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan adalah 136° dengan nilai pembebanan sebesar 100 kg. Berikut adalah rincian bentuk dari alat pengujian kekerasan yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3.4 Mesin Pengujian Vickers

Pengujian kekerasan yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui perubahan dari nilai kekerasan spesimen uji yang telah diberikan perlakuan panas yaitu *artificial aging*. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini :

1. Pastikan permukaan spesimen uji halus dan tidak bergelombang agar dapat ditumpu dengan baik saat pengujian berlangsung.
2. Memasang indenter pada pemegangannya, pastikan indenter terpasang dengan baik dan benar.
3. Mengatur pembebanan menjadi 100 kg.
4. Setelah mengatur pembebanan maka putar *handwheel* agar landasan terangkat dan menaikkan penetrator sampai jarum



pada tanda merah dan membuat jarum

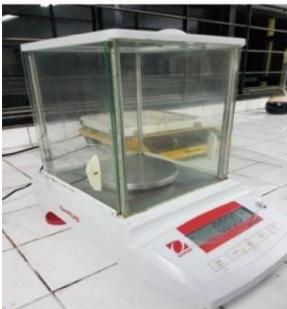
penunjuk yang besar berputar hingga tiga kali.

5. Putar kerangka luar dari indikator hingga jarum penunjuk yang besar sejajar dengan garis panjang.
6. Tarik handle untuk memulai mengaplikasikan gaya uji utama dan tahan 10 sampai 30 detik.
7. Saat indikator berhenti lepas handle dengan perlahan.
8. Putar handwheel untuk menurunkan landasan dan ambil spesimen yang telah diuji.

3.2.5 Pengujian MPY (*Weight Loss*)

Pengujian *weight loss* dilakukan untuk mengetahui seberapa tinggi ketahanan dari suatu bahan terhadap proses korosi menggunakan medium suatu larutan lalu menghitung laju kecepatan korosi yang terjadi. Pada penelitian ini pengujian *weight loss* menggunakan larutan HCL dengan konsentrasi sebesar 1 M, pada penelitian ini alat-alat yang digunakan adalah botol aqua yang telah dipotong untuk dijadikan wadah larutan, stick dan tali yang digunakan untuk menggantung benda uji yang akan dicelupkan kedalam wadah yang telah diisi larutan, *heater* untuk mengeringkan benda uji yang sudah dicelupkan dan alat timbang dengan satuan miligram. Setelah pengujian dilakukan maka akan didapatkan data dari selisih berat yang telah diamati.

Berikut adalah gambar dari alat pengukur berat dan heater yang digunakan :



Gambar 3.5 Pengukur Berat dan *Heater*



44 Berikut adalah gambar dari pengambilan foto dari pengujian *weight loss* yang telah dilakukan :



Gambar 3.6 Pengujian *Weight Loss*

Adapun langkah-langkah dari pengujian *weight loss* yang dilakukan adalah berikut :

1. Hitung berat awal benda uji.
2. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pengujian *weight loss*.
3. Ketika semua sudah siap, maka celupkan spesimen uji yang sudah diikat ke stik dengan tali ke dalam larutan HCL dengan konsentrasi 1M dan dibiarkan selama lima jam.
4. Setelah spesimen bereaksi dengan larutan HCL selama lima jam maka spesimen uji siap untuk diangkat dari larutan.
5. Keringkan benda uji agar bisa dipastikan tidak ada larutan HCL yang masih mengendap di permukaan benda uji.
6. Hitung berat benda uji untuk mengetahui beratnya setelah dicelupkan ke dalam larutan HCL 1M.
7. Ulangi langkah 1 sampai 5 untuk benda uji *Non-aging* dan benda uji dengan temperatur *aging* yang berbeda.



3.2.6 Pengujian Metalografi

Setelah spesimen uji melalui pengujian weight loss dengan cara mereaksikan AA6061 dengan larutan HCL maka setelah itu spesimen diamati permukaannya menggunakan mikroskop yang telah terhubung dengan komputer dan dengan pembesaran hingga 1000 kali agar dapat terlihat korosi jenis apa yang terjadi pada AA6061 dan mengamati pengaruhnya pada struktur mikro dan makro pada permukaan AA6061. Berikut adalah gambar dari peralatan yang digunakan untuk mengamati struktur mikro dari aluminium paduan 6061 :



Gambar 3.7 *Olympus Video*, Mikroskop dan Komputer

Untuk dapat mengamati struktur mikro dengan jelas maka ada sejumlah langkah-langkah yang harus ditempuh yaitu spesimen uji harus diratakan permukaannya menggunakan mesin *grinding* dan *polishing* agar nantinya dapat mempermudah pengamatan yang dilakukan. Mesin ini memiliki dua piringan dengan fungsi yang berbeda. Cara penggunaan dari mesin ini adalah pertama putar tombol power ke arah kanan sehingga kedua piringan berputar lalu letakkan permukaan dari spesimen uji yang nantinya akan diamati melalui mikroskop, lakukan perataan permukaan sampai permukaan dari benda uji sesuai dengan yang diinginkan. Berikut adalah gambar dari mesin *grinding* dan *polishing* yang digunakan:



Gambar 3.8 Mesin *Grinding* dan *Polishing*

Setelah spesimen uji diratakan permukannya, langkah selanjutnya adalah melakukan pengetsaan terhadap spesimen uji. Pengetsaan ini dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan benda uji sebelum diamati. Pengetsaan dilakukan menggunakan sampel larutan etsa (HF 10ml, HNO₃ 1ml, H₂O). Pengetsaan dilakukan dengan cara spesimen dicelupkan ke dalam cairan alkohol ± 15 detik. Setelah dicelupkan ke dalam cairan alkohol, salah satu permukaan pada spesimen dicelupkan ke dalam cairan etsa selama 10 sampai 20 detik. Berikut adalah gambar bahan dan peralatan etsa yang digunakan pada penelitian ini :



Gambar 3.9 Bahan dan Peralatan Etsa



tahap diatas maka spesimen uji siap untuk dilakukan pengamatan struktur mikro dan makronya menggunakan mikroskop. Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan pengujian metalografi adalah sebagai berikut :

1. Menyalakan komputer dan pastikan komputer tersambung dengan mikroskop melalui kabel *USB*, agar hasil gambar struktur mikro yang diinginkan dapat dilihat melalui layar komputer.
2. Tekan tombol power pada *control box (olympus video)* dan mikroskop.
3. Apabila komputer dan mikroskop belum terkoneksi satu sama lain, aktifkan *add hardware* pada control panel sampai terdengar bunyi “ding-ding” pada komputer.
4. Ambil gambar struktur mikro pada mikroskop yang terpampang di *olympus video* dengan cara menekan tombol *expose* pada *olympus video*, Ambil gambar struktur mikro sesuai dengan kebutuhan.
5. Transfer gambar struktur mikro benda uji dari *olympus video* ke komputer dengan cara menekan ikon OLYP 12 pada *desktop* kompyter lalu buka *folder my camera* lalu buka *folder DCIM* dan diteruskan dengan membuka folder 100 OLYP. Tunggu sampai semua gambar terbuka.
6. Simpan gambar yang sudah ditransfer ke komputer dengan cara drag gambar ke *folder* penyimpanan yang hendak dibuat untuk menyimpan gambar struktur mikro dari benda uji.
7. Ulangi langkah 1 sampai 6 untuk benda uji lain dengan variasi temperatur *age hardening* yang berbeda.
8. Jika semua pengambilan gambar sudah selesai matikan komputer dan *olympus video* dengan cara menekan tombol *power*.



3.2.7 Pengumpulan Data

Semua pengujian yang telah dilakukan akan menghasilkan sebuah data yang nantinya akan dilakukan proses analisis serta pembahasan pada data tersebut sehingga bisa berakhir pada suatu kesimpulan. Data yang dikumpulkan harus dipastikan dihasilkan dari suatu penelitian yang dilakukan sesuai prosedur yang ada sehingga bisa dijamin bahwa suatu data adalah valid dan bisa dipercaya.

3.2.8 Analisa dan Pembahasan

Setelah semua data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah dilakukan analisa dan pembahasan terhadap data-data tersebut. Analisa data dilakukan dengan cara mempelajari data dan mejabarkan data sesuai dengan dasar teori yang telah dijadikan sebagai acuan penelitian. Pengolahan data pada tahap analisa ini harus dilakukan secara logis serta dilakukan peninjauan kembali apakah penelitian yang dilakukan benar membawa manfaat atau solusi untuk permasalahan yang melatar belakangi penelitian tersebut, jika belum maka penelitian tersebut akan tetap bermanfaat sebagai referensi untuk penelitian yang akan datang dengan tema pembahasan yang sama.

3.2.9 Kesimpulan

Penarikan sebuah kesimpulan adalah langkah akhir dari suatu prosedur penelitian, kesimpulan ini berisi point-point penting dan hasil akhir yang dihasilkan dari suatu analisa data yang telah dilakukan.



BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kekerasan *Vickers* Aluminium 6061 Hasil *Age Hardening* dan Tanpa *Age Hardening*

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap aluminium 6061 yang telah diberikan perlakuan panas *age hardening* dengan menetapkan beberapa variasi temperatur dan waktu penahanan yang sama. Selain benda uji yang melalui *age hardening*, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian kekerasan terhadap benda uji yang tidak melalui proses *age hardening* (*non-aging*) sehingga nantinya juga bisa dibedakan nilai kekerasa dari aluminium dengan perlakuan panas *age hardening* dan benda uji tanpa perlakuan panas apapun (*non-aging*). Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh perlakuan panas *age hardening* terhadap sifat mekanisnya yaitu sifat kekerasan dari aluminium 6061 sehingga nantinya bisa diketahui dari hasil pengujian kekerasan ini apakah nantinya nilai kekerasan dari aluminium 6061 ini juga berpengaruh terhadap laju korosinya yang dilakukan dengan media larutan HCL dengan konsentrasi 1M. Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *vickers hardness* yaitu pengujian kekerasan yang dilakukan dengan indenter intan berbentuk piramida segi empat . Berikut adalah gambar dari spesimen uji yang telah melalui pengujian kekerasan dengan metode *vickers hardness* :



Gambar 4.1 Hasil Penetrasi dari Indentor Mesin *Vickers*

Berikut adalah tabel rincian variabel-variabel atau spesifikasi dari pengujian kekerasan yang dilakukan dalam penelitian ini :

Tabel 4.1 Spesifikasi Pengujian Kekerasan Metode *Vickers*

Pengujian kekerasan metode <i>vickers</i>	
Metode Pengujian	<i>Vickers Hardness</i>
Besar Gaya Pembebanan (F)	100N
Satuan diagonal Tapak Tekan Rata-rata (d)	mm
Sudut Apex (α)	136°
Indentor	Piramida Intan segi empat
Waktu penekanan	10 sampai 15 detik

4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Aluminium 6061 dengan Perlakuan *Age Hardening* dan tanpa perlakuan *Age Hardening*

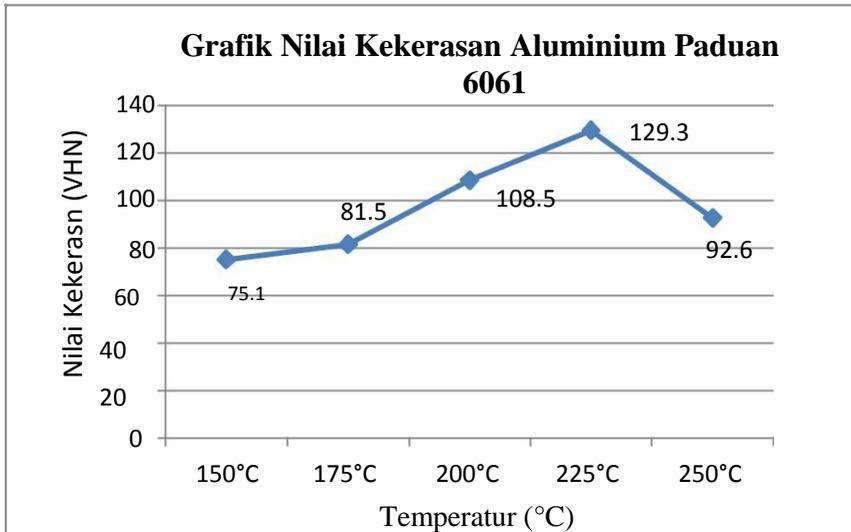
Setelah aluminium paduan 6061 dengan perlakuan *age hardening* dan tanpa perlakuan *age hardening* melalui pengujian kekerasan, maka akan tampak takikan hasil dari penetrasi indentor ke permukaan dari setiap spesimen yang telah diuji, data ini didapatkan dengan cara mengamati diagonal tapak tekan rata-rata yang terlihat pada permukaan setiap spesimen uji lalu menerapkannya pada rumus perhitungan *vickers hardness* yang telah ditentukan, sehingga bisa diketahui hasil akhir dari nilai kekerasan dari setiap spesimen uji Aluminium 6061. Berikut adalah tabel data yang memuat hasil dari setiap nilai kekerasan yang didapatkan dari pengujian ini :



Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan AA6061

MATERIAL		Data Hasil Pengujian Kekerasan AA6061	
Suhu	Benda Uji	Nilai Kekerasan (HVN)	(HVN)
NON-AGING	1	60.1	67.2
	2	62.9	
	3	78.6	
150°C	1	70.9	75.1
	2	74.8	
	3	79.6	
175°C	1	72.4	81.5
	2	84.8	
	3	87.3	
200°C	1	96.3	108.5
	2	106.7	
	3	122.5	
225°C	1	124.6	129.3
	2	130.2	
	3	133.1	
250°C	1	103.3	92.6
	2	89.7	
	3	84.8	

Tabel diatas memuat semua data dari semua nilai kekerasan spesimen uji Aluminium paduan 6061 yang telah diberi perlakuan panas artificial aging dengan suhu 150°C, 175°C, 200°C, 225°C, 250°C dengan waktu penahanan selama satu jam serta spesimen uji yang tidak diberikan perlakuan panas *artificial aging (non-aging)*. Dari kumpulan data diatas maka dapat dibuat grafik seperti berikut :



Gambar 4.2 Grafik Nilai Kekerasan AA6061

4.1.2 Analisa Data Hasil Pengujian Kekerasan dengan Metode *Vickers*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kekerasan dari aluminium 6061 terus meningkat secara signifikan dari spesimen uji dengan tanpa perlakuan panas *age hardening* hingga spesimen uji yang melalui proses *age hardening* dengan tempeatur 250°C. Pada grafik diatas benda uji dengan tanpa perlakuan panas *age hardening* (*non-aging*) mempunyai nilai kekerasan rata-rata sebesar 67.2 VHN dan dilanjutkan dengan benda uji yang diberikan perlakuan panas *age hardening* dengan temperatur 150°C sebesar 75.1 VHN. Nilai kekerasan ini terus meningkat selaras dengan ditambahkan besaran temperatur. Lali benda uji dengan temperatur *age hardening* sebesar 175°C menghasilkan nilai kekerasan sebesar 81.5 VHN. Nilai kekerasan ini meningkat lagi ke angka 108.5 VHN untuk benda uji yang dipanaskan dengan temperatur 200°C begitupun juga dengan benda uji dengan temperatur pemanasan sebesar 225°C melanjutkan kenaikan grafik dengan nilai kekerasan sebesar 129.3°C dan titik puncak kenaikan grafik ada pada benda uji yang dipanaskan pada temperatur 250°C



dengan nilai kekerasan sebesar 151.5 VHN.

4.1.3 Pembahasan Hasil Pengujian kekerasan Vickers

Sebagaimana yang ditunjukkan pada grafik diatas bahwa perlakuan panas *artificial aging* mempunyai pengaruh terhadap nilai kekerasan dari aluminium 6061. Pergerakan dari grafik diatas menunjukkan aluminium 6061 dengan perlakuan panas *artificial aging* mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium 6061 yang tidak diberi perlakuan panas *artificial aging* (*Non-aging*). Aluminium 6061 yang diberi perlakuan panas *artificial aging* dengan temperatur *age hardening* 150°C mengalami suatu perubahan fasa atau biasa disebut suatu fasa yang berada pada zona [GP 2]. Perubahan fasa ini terjadi karena proses pemanasan *age hardening* yang ditahan diatas temperatur 100°C. Pada zona [GP 2] aluminium 6061 mengalami proses pengerasan yang terjadi karena perubahan pada struktur mikro, struktur mikro ini terombak dan mengalami strurisasi ulang yang membuat atom aluminium membentuk ikatan dengan atom lain sesuai dengan kandungan komposisi dari aluminium tersebut yang merubah struktur mikro menjadi lebih halus atau bisa disebut lebih homogen. Karena perubahan yang lebih terstruktur dari ikatan atom aluminium terseebut maka nilai kekerasan dari aluminium 6061 pun mengalami kenaikan dari aluminium 6061 yang tidak diberikan perlakuan panas. Kenaikan nilai kekerasan ini terjadi secara berkala dari temperatur 150°C sampai dengan puncaknya adalah aluninium 6061 yang dipanaskan dengan temperatur holding temperatur 225°C. Kenaikan nilai kekerasan ini terhenti sampai dengan temperatur 225°C dan mengalami penurunan nilai kekerasan pada temperatur holding 250°C. Hal ini dikarenakan pada temperatur 250°C aluminium 6061 berada pada fasa θ . Fasa ini adalah indikasi dari penurunan nilai kekerasan karena aluminium 6061 mengalami *over-aging* yang berimbas kepada penurunan dari nilai kekerasan dari aluminium 6061.



4.2 Pengujian Weight Loss Aluminium 6061 hasil *age hardening* menggunakan medium larutan HCL dengan konsentrasi 1M

Pengujian *weight loss* yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah perlakuan panas *age hardening* memiliki pengaruh terhadap aluminium 6061. Pengujian ini dilakukan menggunakan larutan HCL dengan konsentrasi 1M. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung selisih berat benda uji sebelum direaksikan dengan larutan HCL 1M dan berat benda uji yang sudah direaksikan. Selisih berat ini lalu diterapkan dalam rumus mpy sehingga nantinya dari rumus mpy tersebut akan dihasilkan besaran dengan satuan mm/year. Pengujian ini juga dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ketahanan aluminium 6061 dari suatu proses korosi dengan memanfaatkan larutan HCL 1M. Berikut adalah tabel yang berisi rincian variabel dari pengujian *weight loss* yang dilakukan :

Tabel 4.3 Spesifikasi Pengujian *Weight Loss*

Pengujian <i>Weight Loss</i> (mpy)	
Metode Pengujian	Metode <i>Weight Loss</i>
Larutan	<i>Hydrochloric Acid</i>
Konsentrasi Larutan	1M
Luas permukaan benda uji	3000
<i> Holding Time</i>	5 jam

4.2.1 Data Hasil Pengujian *Weight Loss* Aluminium 6061 hasil *age hardening* menggunakan medium larutan HCL dengan konsentrasi 1M

Hasil dari pengujian *weight loss* yang dilakukan akan menghasilkan data yaitu selisih dari berat aluminium 6061 sebelum bereaksi dengan berat sesudah direaksikan larutan HCL 1M. Pengamatan selisih dari benda uji nantinya akan dilanjutkan dengan perhitungan mpy dengan menggunakan rumus yang sudah



55 ditetapkan sesuai dengan yang tertera di bab metodologi penelitian. Berikut adalah tabel data yang memuat selisih berat hasil dari pengamatan yang dilakukan :

Tabel 4.4 Analisa Data *Weight Loss*

MATERIAL		ANALISA DATA <i>WEIGHT LOSS</i>					
Suhu	Benda Uji	Wo (gram)	Wi (gram)	ΔW	w	<i>mpy</i>	
NON - AGING	1	25.498	24.779	0.719	0.419	1.5552	0.9056
	2	23.628	23.487	0.141		0.305	
	3	25.515	25.119	0.396		0.8565	
150°C	1	23.983	23.543	0.44	0.344	0.9517	0.7448
	2	22.618	22.344	0.274		0.5927	
	3	23.423	23.104	0.319		0.69	
175°C	1	22.795	22.692	0.103	0.313	0.2228	0.6777
	2	25.668	25.459	0.209		0.4521	
	3	24.447	23.819	0.628		1.3583	
200°C	1	23.916	23.479	0.437	0.243	0.9452	0.5256
	2	25.621	25.439	0.182		0.3937	
	3	23.341	23.231	0.11		0.2379	
225°C	1	24.473	24.379	0.094	0.088	0.2033	0.1911
	2	26.549	26.448	0.101		0.2185	
	3	22.153	22.083	0.07		0.1514	
250°C	1	25.501	25.158	0.343	0.212	0.7419	0.4578
	2	26.591	26.413	0.178		0.385	
	3	24.977	24.863	0.114		0.2466	

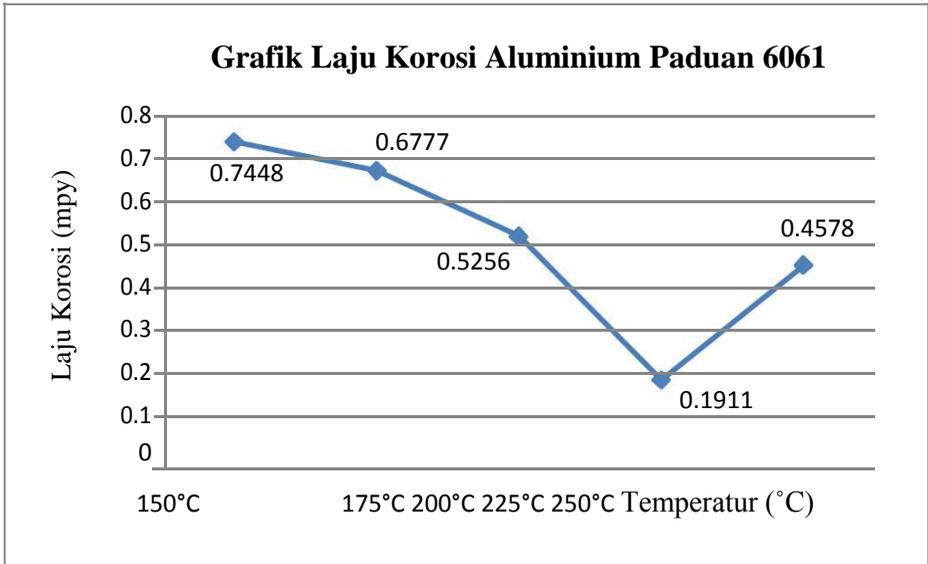
Tabel diatas memuat semua data tentang pengujian *weight loss* yang telah dilakukan tabel diatas memuat selisih berat dari benda uji. Wo mewakili nilai berat sebelum aluminium 6061 direaksikan dengan larutan HCL 1M dan Wi mewakili berat benda uji setelah direaksikan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN



dengan larutan HCL 1M.

Dari tabel data diatas maka dapat disimpulkan menjadi grafik seperti berikut :



Gambar 4.3 Grafik Laju Korosi AA6061

4.2.2 Analisa Data Hasil Pengujian *Weight Loss* Aluminium 6061 yang telah diberi perlakuan panas *age hardening*

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilakukan analisa dan dapat diketahui bahwa perlakuan panas *age hardening* memiliki pengaruh terhadap laju korosi dari aluminium 6061 dan setiap variasi dari temperatur *age hardening* juga memiliki perbedaan ketahanan terhadap proses korosi yang dilakukan dengan media larutan HCL 1M. Dari tabel dan grafik diatas juga dapat diketahui bahwa aluminium 6061 dengan perlakuan panas *age hardening* memiliki nilai ketahanan yang lebih tinggi dari aluminium yang tidak diberikan perlakuan *age hardening* (*non-aging*). Sebagaimana data yang dimuat dari tabel diatas, aluminium 6061 dengan tanpa perlakuan panas *age hardening* memiliki nilai laju korosi sebesar 0.9056 mm/year lalu nilai laju korosi ini menurun jika



57 dibandingkan dengan aluminium 6061 yang diberikan

perlakuan panas *age hardening* dengan temperatur *holding* 150°C yang memiliki nilai laju korosi sebesar 0.7448 mm/year. Penurunan laju korosi ini menunjukkan kenaikan ketahanan terhadap kelajuan korosi dari aluminium 6061. Peningkatan ketahanan terhadap proses korosi ini berlanjut hingga temperatur 175°C, 200°C dan

225°C yang masing-masing memiliki nilai sebesar 0.6777mm/year, 0.5256 mm/year dan 0.1911mm/year. Kenaikan nilai ini terhenti sampai dengan temperatur *holding* 225°C dan nilai ketahanannya menurun pada temperatur 250°C yaitu dengan nilai penurunan sebesar 0.4578mm/year.

4.2.3 Pembahasan Pengujian *Weight Loss*

Kenaikan ketahanan laju korosi yang terjadi dari aluminium 6061 *non-aging* menuju aluminium dengan perlakuan *age hardening* terjadi karena perubahan fasa yang terjadi pada batas butir maupun didalam butir. Hal ini terjadi dikarenakan perlakuan panas *age hardening* yang diberikan kepada aluminium 6061 menyebabkan pengendapan presipitat pada batas butir maupun didalam butir. Endapan yang terbentuk ini bersifat katodik, sehingga secara tidak langsung menyebabkan meningkatnya ketahanan terhadap korosi dikarenakan lapisan katodik yang terbentuk. Tetapi hal ini tidak berlaku kepada aluminium 6061 dengan temperatur 250°C dikarenakan pada temperatur tersebut aluminium 6061 sudah melewati fase optimumnya dan mulai memasuki *fase over-aged*. Kenaikan atau penurunan ketahanan aluminium terhadap laju korosi ini secara keseluruhan tergantung oleh seberapa homogen presipitat yang terbentuk didalam atau batas butir. Semakin banyak atom yang berdiri sendiri atau hetrogen maka semakin tinggi kerentannya terhadap proses korosi. Dan berlaku juga sebaliknya, karena atom Al yang berdiri sendiri dan tidak membentuk ikatan dengan atom solute-nya adalah bersifat anodik, sehingga unsur-unsur solute tersebut yang dapat dengan cepat bereaksi dengan unsur dari larutan korosif dan menyebabkan terbentuknya lubang hasil dari terjadinya proses korosi.



4.3 Pengujian Metalografi Aluminium T-6 dengan variasi temperatur hasil pengujian *weight loss*

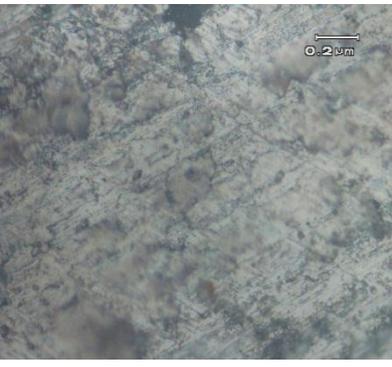
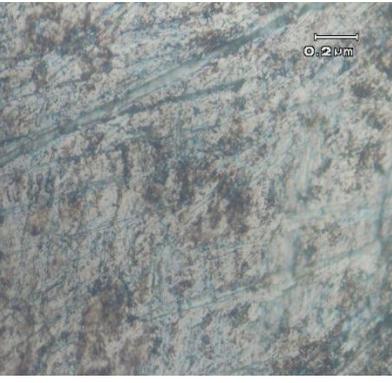
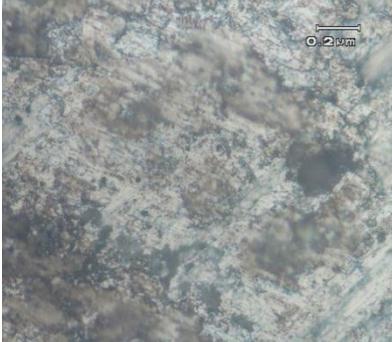
Pengujian ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui struktur mikro dari aluminium 6061 yang sudah mengalami proses korosi, sehingga bisa diketahui dari gambar struktur mikro tersebut korosi jenis apa yang dihasilkan dari reaksi aluminium 6061 dengan larutan korosif HCl. Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik yang telah tersambung dengan komputer melalui kabel *USB*. Pengujian ini adalah langkah terakhir dari pengamatan terakhir terhadap aluminium 6061 yang sudah melalui pengujian *weight loss*. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan dengan perbesaran 0,2 mikrometer melalui mikroskop optik.

4.3.1 Data pengujian Metalografi Aluminium T-6 dengan variasi temperatur hasil pengujian *weight loss*

Data yang didapatkan dari pengujian metalografi ini adalah berupa gambar struktur mikro dari aluminium 6061 yang dibedakan menjadi gambar aluminium 6061 *non-aging* serta gambar aluminium 6061 yang diberikan perlakuan panas *age hardening* dengan temperatur 150°C, 175°C, 200°C, 225°C dan 250°C. Berikut ini adalah gambar dari klasifikasi jenis korosi yang diamati melalui struktur mikronya :

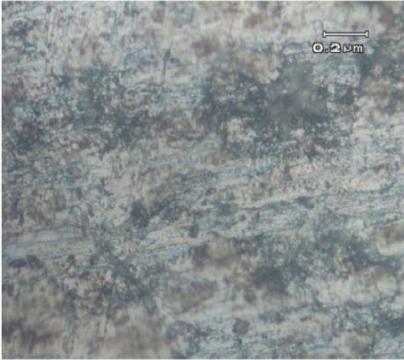
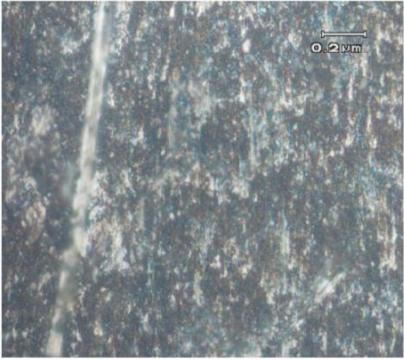


Tabel 4.5 Klasifikasi Jenis Korosi Melalui Struktur Mikro

	<p style="text-align: center;">Benda uji <i>non-aging</i></p> <p>Dapat dilihat pada gambar struktur mikro disamping, gambar struktur mikro disamping blur atau kurang jelas sehingga tidak bisa diketahui informasi yang tepat jenis korosi apa yang terjadi, hal ini terjadi karena adanya kesalahan pada preparasi material sebelum diuji, yaitu karena proses polishing dan etsa yang kurang tepat.</p>
	<p style="text-align: center;">Benda uji dengan temperatur aging 150 °C</p> <p>Begitupun juga dengan gambar benda uji disamping tidak bisa menunjukkan perilaku korosi apa yang terjadi karena gambar yang didapat kurang jelas.</p>
	<p style="text-align: center;">Benda uji dengan temperatur aging 175 °C</p> <p>Hal yang sama terjadi pada gambar mikro yang diambil dari benda uji disamping menunjukkan bahwa gambar kurang jelas untuk bisa diambil informasi yang tepat jenis korosi apa yang terjadi.</p>

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN



	<p>Benda uji dengan temperatur aging 200 °C</p> <p>Gambar struktur mikro disamping juga menunjukkan proses preparasi yang kurang benar sehingga gambar yang dihasilkan dari mikroskop kurang jelas.</p>
	<p>Benda uji dengan temperatur aging 225 °C</p> <p>Gambar disamping juga belum bisa dianalisa apa penyebab dan jenis dari perilaku korosi yang terjadi.</p>
	<p>Benda uji dengan temperatur aging 250 °C</p> <p>Kurang benarnya proses preparasi material juga berdampak pada kurang jelasnya gambar struktur mikro benda uji dengan temperatur aging 250 °C.</p>

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN



4.3.2 Analisa Hasil Pengujian Metalografi Aluminium T-6 dengan variasi temperatur hasil pengujian *weight loss*

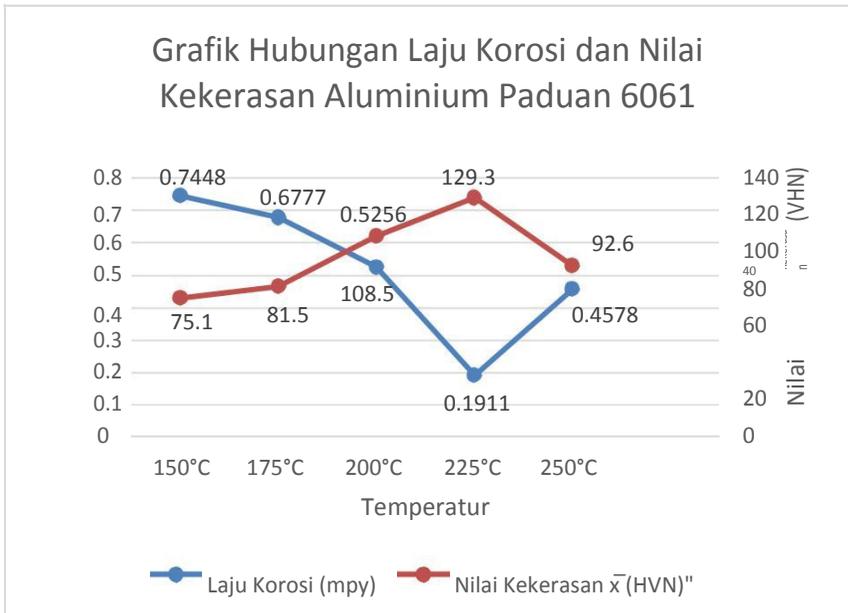
Dari keseluruhan gambar diatas telah menunjukkan bahwa benda uji aluminium paduan 6061 tidak menunjukkan gambar yang jelas pada struktur mikro. Hal ini terjadi dikarenakan proses preparasi yang kurang benar dan kurang teliti ketika benda uji hendak dilakukan proses pengujian metalografi, sehingga dari keseluruhan gambar diatas belum bisa dianalisa mengenai presipitat yang terbentuk dan jenis perilaku korosi apa yang terjadi. Seluruh kesalahan yang terjadi pada proses pengujian metalografi ini tidak bisa dipungkiri murni karena adanya *human error*.

4.3.3 Pembahasan Hasil Pengujian Metalografi Aluminium T-6 dengan variasi temperatur hasil pengujian *weight loss*

Belum ada pembahasan yang bisa dimuat untuk hasil data gambar struktur mikro dari aluminium paduan 6061 diatas dikarenakan kesalahan-kesalahan yang tidak disengaja ketika proses preparasi pengujian metalografi dilakukan.

4.4 Hubungan Antara Laju Korosi dan Nilai Kekerasan pada Aluminium Paduan 6061 yang Telah Diberikan Perlakuan *Age Hardening*

Dari semua data yang telah dikumpulkan diatas dapat diketahui terdapat hubungan yang terkait antara nilai laju korosi dan nilai kekerasan pada aluminium paduan 6061 yang telah diberikan perlakuan *age hardening* dengan beberapa variasi temperatur. Berikut adalah grafik yang menunjukkan adanya keterkaitan antara laju korosi dan nilai kekerasan dari aluminium paduan 6061 :



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Laju Korosi dan Nilai Kekerasan Aluminium Paduan 6061

Seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas dapat diketahui bahwa semakin meningkat nilai kekerasan maka ketahanan terhadap perilaku korosi juga akan ikut meningkat, begitupun juga sebaliknya, semakin rendah nilai kekerasan maka benda uji tersebut juga semakin rentan terhadap suatu perilaku korosi. Benda uji dengan nilai kekerasan dan paling rentan terhadap perilaku korosi adalah benda uji yang tidak diberikan perlakuan *aging (non-aging)*. Benda uji dengan nilai kekerasan dan paling memiliki ketahanan terhadap suatu perilaku korosi adalah benda uji dengan temperatur *age hardening* 225 °C. Perbedaan yang signifikan ini terjadi karena dipengaruhi oleh terbentuknya presipitasi dengan baik dan batas butir yang terbentuk bersifat lebih homogen jika dibandingkan dengan benda yang tidak diberikan perlakuan aging dengan temperatur *holding* dan temperatur yang tepat.



BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian pengaruh variasi temperatur perlakuan *age hardening* pada aluminium paduan 6061 terhadap sifat kekerasan, struktur mikro dan laju korosi dalam larutan HCL 1M, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Terjadi peningkatan nilai kekerasan seiring dengan naiknya temperatur *aging* dari 150°C, 175°C, 200°C, sampai 225°C lalu mengalami penurunan nilai kekerasan pada temperatur 250°C. Jadi kekerasan yang paling optimum ada pada benda uji dengan temperatur *holding* 225°C.
2. Terjadi penurunan laju korosi seiring dengan naiknya temperatur *aging* dari 150°C, 175°C, 200°C sampai 225°C. Sedangkan pada temperatur 250°C nilai laju korosi meningkat. Jadi benda uji dengan laju korosi paling rendah ada pada benda uji dengan temperatur *holding* 225°C.
3. Dari data hasil pengujian metalografi aluminium paduan 6061 tidak didapatkan gambar yang jelas pada struktur mikro dikarenakan proses preparasi yang kurang benar dan kurang teliti ketika hendak dilakukan pengujian metalografi.

5.2 Saran

1. Disarankan penelitian yang lebih lanjut tentang resistansi aluminium terhadap laju korosi ini, penelitian dengan tema yang sama dengan mengubah beberapa variabelnya sangat disarankan agar dapat menghasilkan informasi yang lebih luas untuk dibagi kepada khalayak luas agar penelitian tentang resistansi terhadap laju korosi pada logam aluminium lebih bermanfaat.



2. Sangat disarankan untuk laboratorium metalurgi memberikan atau menyediakan fasilitas berupa alat yang dapat membantu penelitian tentang proses korosi dan meninjau ulang alat-alat pengujian yang telah ada.



DAFTAR PUSTAKA

1. Eddy Widiyono, Suhariyanto, Hari Subiyanto. 2011. *Teori dan Praktikum Ilmu Bahan*. Prodi D3 Teknik Mesin ITS kerjasama PT PLN (persero)
 2. Baldev Raj, U. Kamachi Mudali, S. Rangarajan. 2009. *Corrosion Prevention and Control*, Oxford : ALPHA SCIENCE INTERNATIONAL LTD.
 3. Arino Anzip dan Suhariyanto. 2006. *Peningkatan Sifat Mekanik Paduan Aluminium A356.2 dengan Penambahan Manganese (Mn) dan Perlakuan Panas T6*. *JURNAL TEKNIK MESIN* Vol. 8, No. 2, Oktober 2006: 64 – 68
 4. Pradityana, Atria., Sulistijono., Shahab, Abdullah., Noerochim, Lukman., Jan. 2017. “*Sarang Semut (Myrmecodia Pendans) EXTRACT AS A GREEN CORROSION INHIBITOR FOR MILD STEEL IN ACID SOLUTION*”. *International Journal of Technology* (2017) 1: 48-57 ISSN 2086-9614
 5. FUAD ABDILLAH. 2010. *PERLAKUAN PANAS PADUAN AL-SI PADA PROTOTIPE PISTON BERBASIS MATERIAL PISTON BEKAS*. *Jurnal Universitas Diponegoro Semarang*
 6. TATA SURDIA, SHINROKU SAITO. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik* . PT.Pradnya Paramaita.
 7. Mursalin, Suminar Pratapa, Heny Faisal . 2009. *Pengaruh Perlakuan Panas Aging Terhadap Perilaku Korosi Paduan Aluminium seri 6061 dalam larutan 0,05 HCL*. *Jurnal Seminar Nasional Pascasarjana ITS, Surabaya*.
 8. RATKO MIMICA. 2015. *HARDNESS VERSU TIME DEPENECY DURING ARTIFICIAL AGEING OF AlMgSi0.5 ALUMINIUM ALLOY*. *Journal Faculty of Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architercture University of Split*.
-



9. Herman Pratikno. 2014. Aging Treatment to Increase the Erosion-Corrosion Resistance of AA6063 Alloys for Marine Application. 2nd International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environment and Natural Disaster Management.



LAMPIRAN

1. Perhitungan nilai kekerasan dengan metode vickers yang mengacu pada rumus yang dimuat pada bab 2 :

- Benda uji tanpa perlakuan artificial aging :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : $P = 100 \text{ kgf}$

$$d = 1.756$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned} \text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.756^2 \\ &= 185.4 / 3.083 \\ &= 60.1 \text{ HVN} \end{aligned}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : $P = 100 \text{ kgf}$

$$d = 1.716$$

$$\alpha = 136^\circ$$

$$\begin{aligned} &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.716^2 \\ &= 185.4 / 2.944 \\ &= 62.9 \text{ HVN} \end{aligned}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : $P = 100 \text{ kgf}$

$$d = 1.535$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned} \text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.535^2 \\ &= 185.4 / 2.356 \\ &= 78.6 \text{ HVN} \end{aligned}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 150 °C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.617$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned} \text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.617^2 \\ &= 185.4 / 2.614 \\ &= 70.9 \text{ HVN} \end{aligned}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.574$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned} \text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.574^2 \\ &= 185.4 / 2.477 \\ &= 74.8 \text{ HVN} \end{aligned}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.526$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned} \text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.526^2 \\ &= 185.4 / 2.328 \\ &= 79.6 \text{ HVN} \end{aligned}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 175°C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.600$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.600^2 \\ &= 185.4 / 2.560 \\ &= 72.4 \text{ HVN}\end{aligned}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.478$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.478^2 \\ &= 185.4 / 2.184 \\ &= 84.8 \text{ HVN}\end{aligned}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.457$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.457^2 \\ &= 185.4 / 2.122 \\ &= 87.3 \text{ HVN}\end{aligned}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 200 °C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.387$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned} \text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.387^2 \\ &= 185.4 / 1.923 \\ &= 96.3 \text{ HVN} \end{aligned}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.318$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned} \text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.318^2 \\ &= 185.4 / 1.737 \\ &= 106.7 \text{ HVN} \end{aligned}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.230$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned} \text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.230^2 \\ &= 185.4 / 1.512 \\ &= 122.5 \text{ HVN} \end{aligned}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 225 °C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.219$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.219^2 \\ &= 185.4 / 1.485 \\ &= 124.6 \text{ HVN}\end{aligned}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.193$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.193^2 \\ &= 185.4 / 1.423 \\ &= 130.2 \text{ HVN}\end{aligned}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.180$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.180^2 \\ &= 185.4 / 1.392 \\ &= 133.1 \text{ HVN}\end{aligned}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 250 °C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.339$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.339^2 \\ &= 185.4 / 1.792 \\ &= 103.3 \text{ HVN}\end{aligned}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.437$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.437^2 \\ &= 185.4 / 2.064 \\ &= 89.7 \text{ HVN}\end{aligned}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : P = 100 kgf

$$d = 1.478$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Ditanya : DPH

$$\begin{aligned}\text{Jawab : DPH} &= \{2P \sin (\alpha/2)\} / d^2 \\ &= \{2 (100\text{kgf}) (136^\circ / 2)\} / 1.478^2 \\ &= 185.4 / 2.184 \\ &= 84.8 \text{ HVN}\end{aligned}$$

2. Perhitungan nilai laju korosi Aluminium 6061 dengan medium larutan HCL 1M

- Benda uji tanpa perlakuan artificial aging :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : $W = 0.719$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7$ gr/cm³

$A_s = 3000$ mm²

$T = 5$ jam

Ditanya : CR (Corosion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

$$= \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

$$= 1.5552 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : $W = 0.141$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7$ gr/cm³

$A_s = 3000$ mm²

$T = 5$ jam

Ditanya : CR (Corosion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

$$= \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

$$= 0.305 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : $W = 0.396$ gram

$K = 87600$

$$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$$

$$A_s = 3000 \text{ mm}^2$$

$$T = 5 \text{ jam}$$

Ditanya : CR (Corosion Rate)

$$\text{Jawab : CR (mpy)} = \text{———}$$

$$= \frac{\text{—————}}{\text{———}}$$

$$= 0.856 \text{ mm/year}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 150°C :

(Spesimen uji 1)

$$\text{Diketahui : } W = 0.440 \text{ gram}$$

$$K = 87600$$

$$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$$

$$A_s = 3000 \text{ mm}^2$$

$$T = 5 \text{ jam}$$

Ditanya : CR (Corosion Rate)

$$\text{Jawab : CR (mpy)} = \text{———}$$

$$= \frac{\text{—————}}{\text{———}}$$

$$= 0.951 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 2)

$$\text{Diketahui : } W = 0.274 \text{ gram}$$

$$K = 87600$$

$$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$$

$$A_s = 3000 \text{ mm}^2$$

$$T = 5 \text{ jam}$$

Ditanya : CR (Corosion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____
 = _____
 = 0.592 mm/year

(Spesimen uji 3)

Diketahui : W = 0.319 gram
 K = 87600
 D = 2.7 gr/cm³
 A_s = 3000 mm²
 T = 5 jam

Ditanya : CR (Corosion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____
 = _____
 = 0.690 mm/year

- Benda uji dengan temperatur age hardening 175°C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : W = 0.103 gram
 K = 87600
 D = 2.7 gr/cm³
 A_s = 3000 mm²
 T = 5 jam

Ditanya : CR (Corosion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____
 = _____
 = 0.222 mm/year

(Spesimen uji 2)

Diketahui : $W = 0.209$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$

$A_s = 3000 \text{ mm}^2$

$T = 5$ jam

Ditanya : CR (Corossion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

$$= \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

$$= 0.452 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : $W = 0.628$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$

$A_s = 3000 \text{ mm}^2$

$T = 5$ jam

Ditanya : CR (Corossion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

$$= \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

$$= 1.358 \text{ mm/year}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 200°C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : $W = 0.437$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$

$$A_s = 3000 \text{ mm}^2$$

$$T = 5 \text{ jam}$$

Ditanya : CR (Corossion Rate)

$$\text{Jawab : CR (mpy)} = \text{———}$$

$$= \frac{\text{———}}{\text{———}}$$

$$= 0.945 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 2)

$$\text{Diketahui : } W = 0.182 \text{ gram}$$

$$K = 87600$$

$$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$$

$$A_s = 3000 \text{ mm}^2$$

$$T = 5 \text{ jam}$$

Ditanya : CR (Corossion Rate)

$$\text{Jawab : CR (mpy)} = \text{———}$$

$$= \frac{\text{———}}{\text{———}}$$

$$= 0.393 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 3)

$$\text{Diketahui : } W = 0.110 \text{ gram}$$

$$K = 87600$$

$$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$$

$$A_s = 3000 \text{ mm}^2$$

$$T = 5 \text{ jam}$$

Ditanya : CR (Corossion Rate)

$$\text{Jawab : CR (mpy)} = \text{———}$$

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

$$= 0.237 \text{ mm/year}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 225 °C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : W = 0.094 gram

K = 87600

D = 2.7 gr/cm³

A_s = 3000 mm²

T = 5 jam

Ditanya : CR (Corossion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

$$= 0.203 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : W = 0.101 gram

K = 87600

D = 2.7 gr/cm³

A_s = 3000 mm²

T = 5 jam

Ditanya : CR (Corossion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

$$= 0.218 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 3)

Diketahui : $W = 0.070$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$

$A_s = 3000 \text{ mm}^2$

$T = 5$ jam

Ditanya : CR (Corosion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

$$= \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

$$= 0.151 \text{ mm/year}$$

- Benda uji dengan temperatur age hardening 250°C :

(Spesimen uji 1)

Diketahui : $W = 0.343$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7 \text{ gr/cm}^3$

$A_s = 3000 \text{ mm}^2$

$T = 5$ jam

Ditanya : CR (Corosion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

$$= \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

$$= 0.741 \text{ mm/year}$$

(Spesimen uji 2)

Diketahui : $W = 0.178$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7$ gr/cm³

$A_s = 3000$ mm²

$T = 5$ jam

Ditanya : CR (Corossion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

= _____

= 0.212 mm/year

(Spesimen uji 3)

Diketahui : $W = 0.114$ gram

$K = 87600$

$D = 2.7$ gr/cm³

$A_s = 3000$ mm²

$T = 5$ jam

Ditanya : CR (Corossion Rate)

Jawab : CR (mpy) = _____

= _____

= 0.246 mm/year

SERTIFIKAT AA6061

INSPECTION CERTIFICATE No. 11.14698
EN 10204-3.1

Consignes				Quantity 30							
				Net Weight Kg 4850.97							
Contract Number V1821-S				Specification No V1980							
Article number -				Lot No 12							
				Package No 56987							
Description of Goods Plates				Requirements on the Products							
Grade of Product		Dimensions Inch/mm		Material conform to quality of 6061 T6							
		20 x 1219 x 2438.4		Product conform to all requirements of							
				ASTMB209-07							
Mechanical Properties											
The condition of Tested Standards	Lot Number	Cast Number	Number of Tests	Tensile Strength		Yield Strenght (0,2% Offset)		Elongation %		Hardness HB	
				Ksi		Ksi		min	max		
				min	max	min	max	min	max		
Required				42,0	-	35,0	-	9,0	-	-	
	673707	19-4577	2	45.7	45.7	42.1	42.6	13,0	13,0	100,0	
Chemical Composition %											
Element	Silicon Si	Iron Fe	Copper Cu	Manganese Mn	Magnesium Mg	Chromium Cr	Nickel Ni	Zinc Zn	Titanium Ti	Zirconium Zr	
Required	0,4-0,8	0,7	0,15-0,40	0,15	0,8-1,2	0,04-0,35	-	0,25	0,15	-	
Contents	0,64	0,2	0,19	0,06	1,0	0,15	-	0,05	0,07	-	
Elements	Tr+Zr	Na	Tm Sn	Bismuth Bi	Plumbum Pb	Mn+Cr	Ca	Other Elements		Al	
Required	-	-	-	-	-	-	-	Each	Total	remainder	
Contents	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,15	remainder	
								0,05	0,15	remainder	
Other Tests											
Method	Macro-Structure	Micro-Structure	USI	Electro-conductivity	SCF	Contents H2 of Metals cm ³ /100gr					
Result	-	-	-	-	-						

BIODATA PENULIS



Penulis anak Pertama dari dua bersaudara yang lahir di Kota Surabaya pada tanggal 13 Juli 1996. Jenjang pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu TK Tunas Bangsa (2000-2002), SDN Banyu Urip (2002-2008), SMPN 25 Surabaya (2008-2011), SMAN 9 Surabaya (2011-2014). Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi

Sepuluh Nopember Surabaya dan mengambil bidang studi manufaktur. Ketertarikan penulis dalam bidang keorganisasian membuat penulis aktif dalam kegiatan-kegiatan oraganisasi di kampus diantaranya di Himpunan Mahasiswa D3 Mesin (HMDM) sebagai staff Kominfo. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Platinum Ceramics, Gunung Sari, Surabaya, Jawa Timur yang ditempatkan di bagian produksi. Penulis juga tertarik dalam desain visual dan perfilm-an. Bagi pembaca yang ingin mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas dapat menghubungi email : wfrdnfzn@gmail.com dan No.Tlp : 085706820295