INFLUENCE OF AGING DURING 1 HOUR, 5½ HOUR, AND 10 HOUR AT ALUMUNIUM ALLOY WHICH ENTER ENVIRONMENT OF NaOH 15% AND 20%

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin

Diajukan Oleh :

ANTONIUS SIGIT ARIWIBOWO

NIM : 985214070
NIRM : 980051123109120070

Kepada :

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA

2004

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman – Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 886530; Fax. (0274) 886529; Email: teknik@usd.ac.id

TUGAS AKHIR PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK MESIN

Nomor : 340/ FT/ USD/ TM/ September 2008

Diberikan kepada :

Nama Mahasiswa : Antonius Sigit Arsajiwasa

Nomor Mahasiswa : 985211070

NIKM :

Jurusan : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Matakuliah : Bahan Teknik Manufaktur

Judul / naskah soal :

Pengaruh aging 1 jam, 3 1/2 jam dan 10 jam pada [illegible] 15 % dan 20 %. Pengujian : tarik, impak, kekerasan

Tanggal dimulai : 3 September 2008

Pembimbing Kedua

Yandun

( )

TUGAS AKHIR

INFLUENCE OF AGING DURING 1 HOUR, $5^1/_2$ HOUR, AND 10 HOUR AT ALUMINIUM ALLOY WHICH ENTER ENVIRONMENT OF NaOH 15% AND 20%

Oleh :

ANTONIUS SIGIT ARIWIBOWO

985214070

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama :

Budi Setyahandana, S.T., M.T. Tanggal : 25-3-2004

Pembimbing kedua :

Budi Sugiharto, S.T., M.T. Tanggal : 25-3-2004.

TUGAS AKHIR

INFLUENCE OF AGING DURING 1 HOUR, $5^1/_2$ HOUR, AND 10 HOUR AT ALUMINIUM ALLOY WHICH ENTER ENVIRONMENT OF NaOH 15% AND 20%

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

ANTONIUS SIGIT ARIWIBOWO

985214070

Telah dipertahankan didepan Dewan penguji

Pada tanggal 20 Maret 2004

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama :

Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Pembimbing kedua :

Budi Sugiharto, S.T., M.T.

Anggota Dewan Penguji :

Ir. Rines .A., S.T., M.T.

Ir. Rusdi Sambada, S.T., M.T.

Yosef Agung Cahyanto, S.T., M.T.

Yogyakarta, 24 Maret 2004

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Dekan,

Ir. G. Harjanto

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan diterbitkan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, 24 Maret 2004

Antonius Sigit Ariwibowo
985214070

Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk kedua orangtuaku, Y.C. Harsono, B.A. dan MM. Nurini juga adikku tercinta, Almamaterku, Seseorang yang selalu dihati,

Keluarga Besar TEKSAPALA

Terima kasih untuk rekan-rekan kost Paingan III, :

Wahyu "Bajaj Bajuri", Victor "Cowox Tomboy", Wisnu "Kebo", Bayu "Obay, Bowo "Udin", Jony "Playboy", Christopher "Jack", Errie "Gayam", Wilfred .H. "Sugeng" Otong, Lencung, dan teman-teman angkatan 98'

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya sehingga tugas ini dapat penulis selesaikan.

Untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis membutuhkan bimbingan dan dorongan. Atas terselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir.Greg Harjanto, Selaku Dekan Fakultas Teknik USD
2. Y.Agung Cahyanto,S.T.,M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin USD.
3. Ir.F.A.Rusdi Sambada,M.T., Selaku Dosen Pembimbing Angkatan 1998.
4. Budi Setyahandana, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Para Dosen Teknik Mesin USD yang telah mendidik penulis dengan pengetahuan yang sangat berarti dalam penyelesaian tugas ini.
6. Martono, Laboran Lab.Ilmu Logam yang telah banyak membantu.

penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 24 Maret 2004

Antonius Sigit Ariwibowo
985214070

DAFTAR NOTASI

A	:	Luas penampang	(mm^2)
D	:	Diameter spesimen sebelum dikorosi	(mm)
d_o	:	Diameter spesimen setelah dikorosi	(mm)
d_1	:	Diameter spesimen setelah putus	(mm)
ε	:	Regangan	(%)
γ	:	Kontraksi	(%)
ΔL	:	Pertambahan panjang	(mm)
L	:	Panjang ukur mula-mula	(mm)
L_o	:	Panjang ukur mula-mula	(mm)
σ_y	:	Tegangan luluh	(kg/mm^2)
σ_b	:	Tegangan patah	(kg/mm^2)
σ_t	:	Tegangan tarik	(kg/mm^2)
F_y	:	Beban luluh	(kg)
F_b	:	Beban patah	(kg)
F_t	:	Beban maksimum	(kg)
R	:	Panjang lengan bandul	(kg)
G	:	Berat bandul	(cm)
g	:	Gaya gravitasi	(m/s^2)
β	:	Sudut dengan spesimen	(°)
α	:	Sudut tanpa spesimen	(°)
P	:	Gaya yang bekerja pada penetrator	(kg)
D'	:	Diameter penetrator	(mm)
d	:	Diameter bekas injakan	(mm)
W	:	Tenaga patah	(J)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Proses Elektrolisa Alumina Dengan Dapur Cell	7
Gambar 2.2.	Proses Elektrolisa Alumina Menjadi Aluminium	8
Gambar 2.3.	Skema Benda Uji Tarik	27
Gambar 2.4.	Hubungan Tegangan Dan Regangan Uji Tarik Untuk Bahan Keras Dan Lunak	29
Gambar 2.5.	Alat Uji Impak	33
Gambar 2.6.	Bentuk Patahan Getas	33
Gambar 2.7.	Bentuk Patahan Liat	34
Gambar 2.8.	Bentuk Patahan Campuran	34
Gambar 2.9.	Pemantulan Cahaya Pada Benda	39
Gambar 3.1.	Bentuk Benda Uji Tarik	42
Gambar 3.2.	Bentuk Benda Uji Impak	43
Gambar 4.1.	Grafik Hubungan Kekuatan Tarik vs Waktu Aging	61
Gambar 4.2.	Grafik Hubungan Kekuatan Patah vs Waktu Aging	61
Gambar 4.3.	Grafik Hubungan Regangan vs Waktu Aging	62
Gambar 4.4.	Grafik Hubungan Diameter vs Waktu Aging	62
Gambar 4.5.	Grafik Hubungan Tegangan Patah vs Waktu Aging	70
Gambar 4.6.	Grafik Hubungan Harga keuletan vs Waktu Aging	70
Gambar 4.7.	Foto Struktur Mikro Spesimen Awal Dengan Perbesaran 400X	74
Gambar 4.8.	Foto Struktur Mikro Spesimen Aging 1 Jam Dengan Perbesaran 400X	74

Gambar 4.9. Foto Struktur Mikro Spesimen Aging $5^1/_2$ Jam Dengan Perbesaran 400X 75

Gambar 4.10. Foto Struktur Mikro Spesimen Aging 10 Jam Dengan Perbesaran 400X 75

Gambar 4.11. Foto Struktur Makro Spesimen Awal 1 77

Gambar 4.12. Foto Struktur Makro Spesimen Awal 2 77

Gambar 4.13. Foto Struktur Makro Spesimen Awal 3 78

Gambar 4.14. Foto Struktur Makro Spesimen Awal 4 78

Gambar 4.15. Foto Struktur Makro Aging 1 Jam NaOH 15% Sebelum Di Uji Impak 79

Gambar 4.16. Foto Struktur Makro Aging 1 Jam NaOH 15% Sesudah Di Uji Impak 79

Gambar 4.17. Foto Struktur Makro Aging $5^1/_2$ Jam NaOH 15% Sebelum Di Uji Impak 80

Gambar 4.18. Foto Struktur Makro Aging $5^1/_2$ Jam NaOH 15% Sesudah Di Uji Impak 80

Gambar 4.19. Foto Struktur Makro Aging 10 Jam NaOH 15% Sebelum Di Uji Impak 81

Gambar 4.20. Foto Struktur Makro Aging 10 Jam NaOH 15% Sesudah Di Uji Impak 81

Gambar 4.21. Foto Struktur Makro Aging 1 Jam NaOH 20% Sebelum Di Uji Impak 82

Gambar 4.22. Foto Struktur Makro Aging 1 Jam NaOH 20%
Sesudah Di Uji Impak 82
Gambar 4.23. Foto Struktur Makro Aging $5^1/_2$ Jam NaOH 20%
Sebelum Di Uji Impak 83
Gambar 4.24. Foto Struktur Makro Aging $5^1/_2$ Jam NaOH 20%
Sesudah Di Uji Impak 83
Gambar 4.25. Foto Struktur Makro Aging 10 Jam NaOH 20%
Sebelum Di Uji Impak 84
Gambar 4.26. Foto Struktur Makro Aging 10 Jam NaOH 20%
Sesudah Di Uji Impak 84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Sifat - Sifat Fisik Aluminium	11
Tabel 2.2.	Sifat - Sifat Mekanik Aluminium	12
Tabel 2.3.	Kalsifikasi Paduan Aluminium Cor	14
Tabel 2.4.	Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa	14
Tabel 2.5.	Tabel Pengaruh Unsur Paduan Pada Aluminium	15
Tabel 2.6.	Sifat - Sifat Mekanis Paduan Aluminium Cor Menurut Aluminium Association	16
Tabel 2.7.	Sifat-sifat Mekanis Paduan Al – Mg	19
Tabel 2.8.	Harga Modulus Elastis Bahan Pada Berbagai Suhu	31
Tabel 2.9.	Macam - Macam Diameter Penetrator	37
Tabel 4.1.1.	Komposisi Paduan Aluminium	51
Tabel 4.2.1a.	Data Bahan Pengujian Tarik Kondisi Awal	51
Tabel 4.2.1b.	Data Hasil Pengujian Tarik Kondisi Awal	52
Tabel 4.2.1c.	Data Hasil Perhitungan Tarik Kondisi Awal	53
Tabel 4.2.2.	Data Hasil Pengujian Normalsing	53
Tabel 4.2.3a.	Data Bahan Pengujian Aging 1 jam	54
Tabel 4.2.3b.	Data Hasil Pengujian Aging 1 jam	54
Tabel 4.2.3c.	Data Hasil Perhitungan Aging 1 jam	54
Tabel 4.2.4a.	Data Bahan Pengujian Aging $5^1/_2$ jam	54
Tabel 4.2.4b.	Data Hasil Pengujian Aging $5^1/_2$ jam	55
Tabel 4.2.4c.	Data Hasil Perhitungan Aging $5^1/_2$ jam	55

Tabel 4.2.5a. Data Bahan Pengujian Aging 10 jam 55

Tabel 4.2.5b. Data Hasil Pengujian Aging 10 jam 55

Tabel 4.2.5c. Data Hasil Perhitungan Aging 10 jam 56

Tabel 4.2.6a. Data Bahan Pengujian Aging 1 jam, Kadar NaOH 15% 56

Tabel 4.2.6b. Data Hasil Pengujian Aging 1 jam, Kadar NaOH 15% 56

Tabel 4.2.6c. Data Hasil Perhitungan Aging 1 jam, Kadar NaOH 15% 56

Tabel 4.2.7a. Data Bahan Pengujian Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaOH 15% 57

Tabel 4.2.7b. Data Hasil Pengujian Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaOH 15% 57

Tabel 4.2.7c. Data Hasil Perhitungan Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaOH 15% 57

Tabel 4.2.8a. Data Bahan Pengujian Aging 10 jam, Kadar NaOH 15% 57

Tabel 4.2.8b. Data Hasil Pengujian Aging 10 jam, Kadar NaOH 15% 58

Tabel 4.2.8c. Data Hasil Perhitungan Aging 10 jam, Kadar NaOH 15% 58

Tabel 4.2.9a. Data Bahan Pengujian Aging 1 jam, Kadar NaOH 20% 58

Tabel 4.2.9b. Data Hasil Pengujian Aging 1 jam, Kadar NaOH 20% 58

Tabel 4.2.9c. Data Hasil Perhitungan Aging 1 jam, Kadar NaOH 20% 59

Tabel 4.2.10a. Data Bahan Pengujian Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaoH 20% 59

Tabel 4.2.10b. Data Hasil Pengujian Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaoH 20% 59

Tabel 4.2.10c. Data Hasil Perhitungan Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaoH 20% 59

Tabel 4.2.11a. Data Bahan Pengujian Aging 10 jam, Kadar NaOH 20% 60

Tabel 4.2.11b. Data Hasil Pengujian Aging 10 jam, Kadar NaOH 20% 60

Tabel 4.2.11c. Data Hasil Perhitungan Aging 10 jam, Kadar NaOH 20% 60

Tabel 4.3.1. Data Hasil Penelitian Uji Impak Kondisi Awal 64

Tabel 4.3.2. Data Hasil Perhitungan Uji Impak Kondisi Awal 65

Tabel 4.3.3. Data Hasil Perhitungan Aging 1 Jam 66

Tabel 4.3.4. Data Hasil Perhitungan Aging $5^1/_2$ Jam 66

Tabel 4.3.5. Data Hasil Perhitungan Aging 10 Jam 66

Tabel 4.3.6a. Data Bahan Pengujian Aging 1 Jam, Kadar NaOH 15% 66

Tabel 4.3.6b. Data Hasil Perhitungan Aging 1 Jam, Kadar NaOH 15% 67

Tabel 4.3.7a. Data Bahan Pengujian Aging $5^1/_2$ Jam, Kadar NaOH 15% 67

Tabel 4.3.7b. Data Hasil Perhitungan Aging $5^1/_2$ Jam, Kadar NaOH 15% 67

Tabel 4.3.8a. Data Bahan Pengujian Aging 10 Jam, Kadar NaOH 15% 67

Tabel 4.3.8b. Data Hasil Perhitungan Aging 10 Jam, Kadar NaOH 15% 68

Tabel 4.3.9a. Data Bahan Pengujian Aging 1 jam, Kadar NaOH 20% 68

Tabel 4.3.9b. Data Hasil Perhitungan Aging 1 jam, Kadar NaOH 20% 68

Tabel 4.3.10a. Data Bahan Pengujian Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaOH 20% 68

Tabel 4.3.10b. Data Hasil Perhitungan Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaOH 20% 69

Tabel 4.3.11a. Data Bahan Pengujian Aging 10 jam, Kadar NaOH 20% 69

Tabel 4.3.11b. Data Hasil Perhitungan Aging 10 jam, Kadar NaOH 20% 69

Tabel 4.4.1. Data Hasil Perhitungan Kekerasan 72

Tabel 4.4.2. Data Hasil Perhitungan Kekerasan 73

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

PERNYATAAN KEASLIAN iii

HALAMAN PERSEMBAHAN iv

KATA PENGANTAR v

DAFTAR NOTASI vi

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR ISI xiii

ABSTRACT xvii

INTISARI xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Tujuan Penelitian 1

1.3. Batasan Masalah 2

1.4. Metodologi Penelitian 2

1.4.1. Metode Pengumpulan Data 3

1.4.2. Analisis Data 4

BAB II DASAR TEORI

2.1. Klasifikasi Aluminium 5

2.2. Produksi Aluminium 5

2.3. Proses Pengolahan Alumina 6

2.4. Proses Elektrolisa Alumina Menjadi Aluminium 6

2.5. Sifat-Sifat Aluminium 9

2.6. Aluminium Murni 11

2.7. Aluminium Paduan 12

2.7.1. Klasifikasi Paduan Aluminium 13

2.7.2. Paduan Aluminium Cor 14

2.7.3. Paduan Al-Cu 16

2.7.4. Paduan Al-Si, Al-Si-Mg, Dan Al-Si-Cu 17

2.7.5. Paduan Al-Mg 18

2.7.6. Paduan Al-Mn 20

2.7.7. Paduan Al-Mg-Zn 20

2.7.8. Paduan Aluminium Tahan Panas 21

2.7.9. Pengaruh Unsur Paduan Dalam Aluminium 21

2.8. Perlakuan Panas 25

2.8.1. Normalising 26

2.8.2. Aging 26

2.9. Pengujian Bahan 27

2.9.1. Pengujian Tarik 27

2.9.2. Pengujian Impak 32

2.9.3. Pengujian Kekerasan 35

2.9.4. Pengujian Struktur Kristal 38

BAB III BAHAN, ALAT DAN METODE PENELITIAN

3.1. Persiapan Bahan 40

3.2. Peralatan Yang Digunakan 42

3.3. Pembuatan Sampel 42

3.3.1. Uji Tarik 42

3.3.2. Uji Impak 43

3.3.3. UjiKekerasan Dan StrukturMikro, Makro 44

3.4. Proses Perlakuan Panas (Heat Treatment) 44

3.5. Pengujian Bahan 45

3.5.1. Pengujian Tarik 45

3.5.2. Pengujian Impak 46

3.5.3. Pengujian Kekerasan 48

3.5.4. Pengujian Struktur Mikro 48

3.5.5. Pengujian Struktur Makro 49

BAB IV DATA PENELITIAN DAN HASIL PERHITUNGAN

4.1. Pengujian Komposisi 51

4.2. Pengujian Tarik 51

4.3. Pengujian Impak 64

4.4. Pengujian Kekerasan 72

4.5. Pengujian Struktur Mikro 74

4.6. Pengujian Struktur Makro 77

BAB V KATA PENUTUP

5.1. Kesimpulan 86

5.2. Saran 87

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

ABSTRACT

This research is conducted to know the old influence of aging and corrosion with the condensation NaOH 15% and 20% to aluminum alloy, with the chemical composition of sample Al-76,09, Zn-14,97%, Fe-0,31%, Mg-0,25%, Cu-0,11%, Si-0,00%.

Phase process the examination cover the normalizing with the temperature 550° C during 1 hour with the refrigeration of room temperature, and aging at temperature 150° C during 1 hour with the variable of time aging 1 hour, 5½ hour, and 10 hour at temperature 150° C. For the examination of interesting tension and tension broken, specimen to be tested to cover the normal specimen, specimen which have been aged, specimen which have been aged and corrosion with the condensation NaOH 15% and 20%.

Research result indicate that the specimen with the treatment aging (1 hour, 5½ hour, 10 hour) and corrosion with the condensation NaOH experience of the degradation of interesting strength, strength broken, while for the strain of, energy broken, resilient price experience of ascend from condition early. At various time of treatment aging happened by the interesting strength ascend, strength broken, diameter, strain, energy broken, and resilient price. Longer good treatment aging progressively its uniform structure, and excelsior of rate of condensation NaOH, hence size measure downhill diameter specimen progressively. Analyze the micro structure at specimen experienced of the aging show the existence of item forming making better uniform structure so that aluminum become resilient progressively.

INTISARI

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama aging dan korosi dengan larutan NaOH 15% dan 20% terhadap aluminium paduan, dengan komposisi kimia sampel Al-76,09, Zn-14,97%, Fe-0,31%, Mg-0,25%, Cu-0,11%, Si-0,00%.

Tahap proses pengujian meliputi normalising dengan suhu 550° C selama 1 jam dengan pendinginan suhu kamar, dan aging pada suhu 150° C selama 1 jam dengan variabel waktu aging 1 jam, 5½ jam, dan 10 jam pada suhu 150° C. Untuk pengujian tarik dan impak, spesimen yang akan diuji meliputi spesimen normal, spesimen yang telah diaging, spesimen yang telah diaging dan dikorosi dengan larutan NaOH 15% dan 20%..

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen dengan perlakuan aging (1 jam, 5½ jam, 10 jam) dan dikorosi dengan larutan NaOH mengalami penurunan pada kekuatan tarik, kekuatan patah, sedangkan untuk regangan, tenaga patah, harga keuletan mengalami kenaikkan dari kondisi awal. Pada berbagai waktu perlakuan aging terjadi kenaikkan kekuatan tarik, kekuatan patah, diameter, regangan, tenaga patah, dan harga keuletan. Semakin lama perlakuan aging semakin baik keseragaman strukturnya, dan semakin tinggi kadar larutan NaOH, maka ukuran diameter spesimen semakin menurun. Analisis struktur mikro pada spesimen yang telah mengalami aging menunjukkan adanya pembentukan butiran-butiran yang membuat keseragaman struktur lebih baik sehingga aluminium menjadi semakin ulet.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era modern seperti sekarang ini pemakaian aluminium semakin meningkat, sehubungan dengan sifat-sifat aluminium yang sangat menguntungkan, misalnya; ringan, tahan karat, dan lain-lain, dibandingkan dengan besi dan baja. Aluminium merupakan logam non-ferro yang banyak digunakan, tidak terbatas untuk negara-negara yang mempunyai teknologi dan tingkat pendapatan tinggi, tetapi juga bisa untuk negara-negara berkembang, seperti Indonesia dan lain-lainnya. Komposisi paduan aluminium ada beberapa macam yang sangat mempengaruhi sifat mekanis dan penggunaannya.

Untuk mengetahui salah satu jenis aluminium, sifat-sifatnya dan kandungan komposisi maka dalam tugas akhir ini penulis melakukan penelitian terhadap aluminium yang diberikan perlakuan aging dan dicelupkan pada cairan NaOH.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh aging terhadap perubahan struktur mikro, makro, dan keliatan aluminium paduan Zn.

2. Mengetahui pengaruh korosi terhadap perubahan diameter aluminium paduan Zn.
3. Mengetahui pengaruh korosi terhadap tegangan dan regangan aluminium paduan Zn.

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan mekanis bahan aluminium dengan perlakuan panas normalising 1 jam dan aging 1 jam, $5^1/_2$ jam, 10 jam, kemudian dikorosi dengan larutan NaOH berkadar 15% dan 20% selama 1 jam. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik, uji impak, uji kekerasan, uji struktur mikro dan makro.

1.4. Metode Penelitian dan Pengumpula Data

Untuk penelitian ini pembelian bahan dilakukan di toko material "Aneka Teknik", kemudian pembuatan sampel penelitian dan pengujian dilakukan dilaboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Sebelum pengujian, bahan diberikan perlakuan normalising kemudian diaging. Untuk pengujian komposisi bahan dilakukan di BALAI PENYELIDIKAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KEGUNUNGAPIAN yang bertempat di Jl. Cendana No. 15 YOGYAKARTA.

Jenis-jenis pengujian dan perlakuan panas yang dilakukan:

a. Pengujian Tarik

b. Pengujian Impak

c. Pengujian Kekerasan

d. Struktur Mikro

e. Normalising

f. Aging

1.4.1. Metode Pengumpulan Data

a. Literatur

Studi digunakan sebagai dasar referensi, yang mencakup : landasan teori, gambar, tabel, grafik, dan segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian. Persamaan untuk perhitungan yang berkaitan dengan analisis data diambil sebagai bahan perbandingan antara hasil penelitian dan pembahasan.

b. Konsultasi

Untuk memperoleh hasil analisa dan pembahasan yang tepat, dilakukan konsultasi dengan Dosen Pembimbing. Selain itu, juga dilakukan dengan laboran yang membimbing penelitian, terutama mengenai penggunaan peralatan laboratorium.

c. *Pengujian Bahan*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat-alat dan mesin yang sesuai dengan standar dan dalam kondisi yang baik. Alat-alat yang digunakan mesin uji tarik, mikroskop metalurgi, kamera.

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui sifta-sifat mekanik, yaitu nilai keuletan suatu bahan terhadap beban kejut atau dinamik. Selain itu juga, dapat diketahui pengaruh takikan terhadap ketegaran bahan, sehingga dapat diketahui atau dipelajari jenis patahan bahan yang dikenai beban dinamik. Metode yang digunakan adalah Metode Charpy.

1.4.2. Analisis Data

Dilakukan pembandingan pada data yang diperoleh dari pengujian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan oleh perlakuan panas yang dikenakan pada benda uji. Juga dilakukan pembahasan berdasarkan teori yang diperoleh dari buku dan sumber referensi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Klasifikasi Bahan

Aluminium (Al) merupakan logam yang cukup banyak di alam. Aluminium ditemukan pada tahun1809 oleh Sir Humphery Davy dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh Hans Christian Oerted pada tahun 1825. Pada Tahun11886 Paul Heroult di Perancis dan C.M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam Aluminium dengan cara elektrolisa. Bahan dasarnya adalah bauksit yang umumnya banyak terdapat didaerah tropis dan sub-tropis yang mempunyai curah hujan tinggi. Bauksit terbentuk dari proses pelapukan *(weathering)* batuan beku.

2.2. Produksi Alumina

Aluminium diproduksi dari bauksit yang merupakan campuran *gibbsite* [$Al(OH)_3$], diaspore [$Al\ O\ (OH)$] dan mineral lempung seperti kaolinit [$Al_2\ Si_2\ O_5\ (OH)_4$].

Proses aluminium dari bauksit, untuk memisahkan alumina dengan bauksit melalui dua tahap :

1. proses pengolahan alumina ($Al_2\ O_3$).
2. Proses elektrolisa alumina menjadi aluminium.

2.3. Proses Pengolahan Alumina

Proses pengolahan bauksit menjadi alumina melalui suatu rangkaian proses yang disebut proses Bayer. Bauksit dimasukkan dalam larutan (NaoH) dan didalamnya membentuk sodium aluminat.

$$Al_2O_3 + 2\,NaOH \Longrightarrow 2\,NaAlO_2 + H_2O\ (160° - 170°)$$

Lalu didinginkan perlahan-lahan sampai temperatur 25° - 35° C untuk mengendapkan aluminium hidroksida [$Al(OH)_3$], menurut reaksi :

$$NaAlO_2 + 2H_2O \Longrightarrow Al(OH)_3 + NaOH$$

Kemudian $Al(OH)_3$ atau aluminium hidroksida dicuci selanjutnya dipanaskan sampai suhu 1100° - 1200°C untuk menghasilkan aluminium oksida (Al_2O_3), menurut reaksi sebagai berikut :

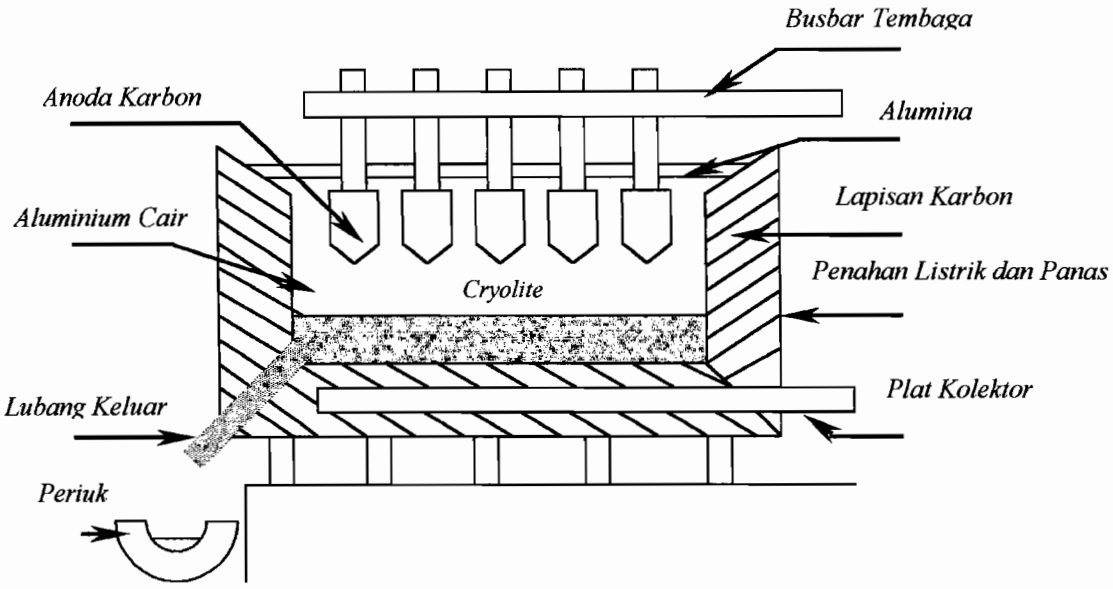
$$2\,Al(OH)_3 \Longrightarrow Al_2O_3 + 3\,H_2O$$

2.4. Proses Elektrolisa Alumina menjadi Aluminium

Alumina yang diperoleh dari pengolahan bauksit, diproses secara elektrolisa pada temperatur tinggi dengan proses Hall – Heroult. Karena alumina mempunyai titik lebur tinggi mencapai 2000° C, maka alumina dilarutkan kedalam cairan cryolite (Na_3AlF_6) yang bertindak sebagai elektrolit, sehingga mengakibatkan titik lebur menjadi rendah mencapai 1000°C. 15% Al_2O_3 dapat diuraikan kedalam cryolite dan elektrolisa disini sebagai reduksi Al_2O_3.

$$Al_2O_3 + 3\,C \Longrightarrow 2Al + 3CO$$

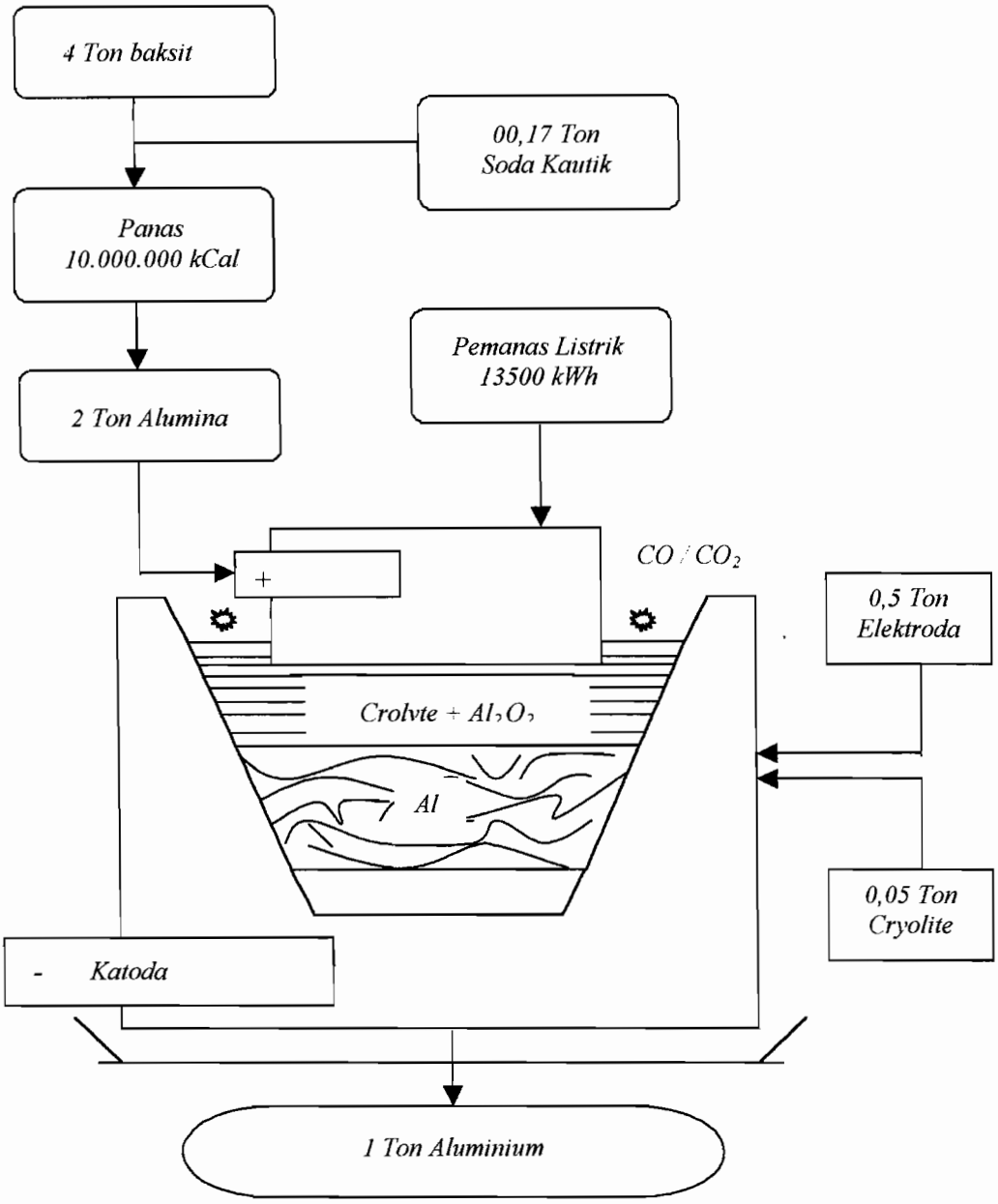
Cara elektrolisa lain untuk alumina menggunakan dapur cell, biasanya dapur cell dengan ukuran ± 2,5 m x 1,5 m x 0,6 m dan memerlukan arus listrik antara (8000 – 30.000 A) pada tegangan rendah (7V). Anoda perlahan-lahan terbakar oleh elektroda bemuatan positif.



Gambar 2.1. Proses Elektrolisa Alumina Dengan Dapur Cell

Sumber : Amanto.H, Daryanto.Ilmu Bahan,Bumi Aksara,Jakarta

Apabila arus listrik melewati alumina bermuatan positif akan tertarik ke pelapis dapur yang merupakan elektroda negatif (katoda). Dan akan didapat aluminium cair yang terkumpul didasar dapur dan dapat diambil, bila perlu sementara oksigen akan sampai ke anoda dan terbakar.



Gambar 2.2. Proses Elektrolisa Alumina Menjadi Aluminium

Sumber : Amanto.H, Daryanto.Ilmu Bahan, Bumi Aksara,Jakarta

Pemakaian aluminium pada era-modern ini meningkat setiap tahunnya dan menempati urutan kedua setelah logam ferro (besi dan baja).

Aluminium paling banyak digunakan diantara logam non-ferro, hal ini disebabkan karena aluminium mempunyai sifat-sifat baik:

1. Ringan
2. Tahan korosi
3. Mudah dibentuk
4. Konduktivitas tinggi dan hantar listrik yang baik

Sedangkan paduan aluminium banyak digunakan dalam hal, antara lain :

1. Peralatan rumah tangga
2. Industri pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi, dan lain-lain.

2.5. Sifat-sifat Aluminium

Aluminium merupakan logam non-ferro yang banyak digunakan karena mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

a. Kerapatan *(Density)*

Aluminium mempunyai berat jenis rendah, yaitu : 2700 kg/mm^3.

b. Tahan terhadap korosi *(Corrosion seristance)*

Dalam teori logam non-ferro, dijelaskan bahwa semakin besar kerapatan maka semakin baik daya tahan korosinya, tetapi aluminium merupakan pengecualian. Dalam kehidupan sehari-hari kenyataannya bahwa aluminium merupakan logam non-ferro yang mempunyai daya tahan terhadap korosi yang baik. Hal ini

disebabkan oleh lapisan tipis oksida transparan dan jenuh oksigen diseluruh permukaan yang mengendalikan laju korosi dan melindungi lapisan di bawahnya dari serangan atmosfir berikutnya.

c. Sifat mekanis. *(Mechanical properties)*

Aluminium mempunyai kekuatan tarik, kekerasan, dan sifat mekanis lainnya lain sebanding dengan paduan bukan besi *(non-ferrous alloys)* lainnya, dan juga sebanding dengan beberapa jenis baja.

d. Penghantar panas listrik yang baik *(Heat electrical conductity)*

Disamping daya tahan yang baik terhadap korosi, aluminium memiliki daya hantar listrik yang tinggi. Daya hantar listrik aluminium murni sekitar 60% dari tembaga.

e. Tidak beracun. *(non-toxicity)*

Aluminium dapat digunakan sebagai pembungkus makanan dan minuman kaleng. Hal ini disebakan reaksi kimia antara makanan atau minuman dengan aluminium tidak menghasilkan zat beracun yang membahayakan manusia.

f. Sifat mampu bentuk. *(Formability)*

Aluminium dapat dibentuk dengan mudah, karena aluminium mempunyai sifat mudah ditempa *(malleability)* yang memungkinkannya dibuat dalam bentuk plat atau lembaran tipis.

g. Titik lebur rendah *(Melting point)*

Titik lebur aluminium relatif rendah sebesar ± 660°C, sehingga sangat baik untuk proses penuangan dengan waktu peleburan relatif singkatdan biaya operasi akan lebih murah. Selain sifat-sifat tersebut masih banyak lagi sifat-sifat aluminium yang menguntungkan, seperti : anti magnetik, reflektivitas tinggi, nilai arsitektur dan dekoratif baik, mudah dilakukan proses pengerjaan akhir *(finishing)* dan lain sebagainya.

2.6. Aluminium Murni

Kemurnian 99,99% yaitu dicapai dengan empat angka sembilan. Aluminium yang didapat dalam keadaan cair dengan elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat.

Tabel 2.1. Sifat-sifat fisik aluminium

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°)	0,2297	0,2226
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (/ °C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	$23,86 \times 10^{-6}$	23×10^{-6}
Jenis kristal, kontraksi kisi	Fcc, a = 4,013 kX	Fcc, a = 4,04 kX

Catatan : fcc ; face centered cubic = kubus berpusat muka
Sunber : Surdia T, Saito S : Pengetahuan Bahan Teknik

Table 2.2. Sifat-sifat mekanik aluminium

Sifat-sifat	*Kemurnian Al (%)*			
	99,996		*>99,0*	
	Dianil	*75% dirol dingin*	*Dianil*	
Kekuatan tarik (kg/mm^2)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm^2)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	4,4

Sunber : Surdia T, Saito S : Pengetahuan Bahan Teknik

Sifat-sifat mekanik dan sifat-sifat fisik yang ditunjukkan dalam tabel berubah menurut kemurnian, aluminium dengan kemurnian 99,0% atau diatasnya dapat dipergunakan diudara selama bertahun-tahun. Hantaran listrik aluminium kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya kira-kira sepertiganya, sehingga memungkinkan untuk perluasan penampangnya. Oleh karena itu dapat dipergunakan untuk kabel-kabel tenaga dan bisa untuk lembaran tipis *(foil)*. Aluminum dengan kadar 99,0% dapat dipergunakan untuk reflektor yang memerlukan reflektifitas tinggi dan juga untuk kondensor elekltrolitik dipergunakan Al dengan angka sembilan empat.

2.7. Aluminium Paduan

Pemakaian aluminium paduan pada umumnya terbatas pada aplikasi yang tidak terlalu mengutamakan faktor kekuatan, seperti : penghantar panas dan listrik, perlengkapan bidang kimia, lembaran plat dan sebagainya. Salah satu usaha untuk meningkatkan kekuatan aluminium murni adalah dengan perlakuan panas *(heat treatment)*. Tetapi

cara ini tidak senantiasa memuaskan bila tujuan utama adalah untuk menaikkan kekuatan bahan.

Seiring perkembangan aluminium, didapat unsur paduan aluminium untuk meningkatkan kualitas aluminium sesuai yang diinginkan. Unsur-unsur paduan tersebut antara lain berupa :

1. Tembaga (Cu)
2. Seng (Zn)
3. Silikon (Si)
4. dan lain-lain.

2.7.1 Klasifikasi Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standarisasi oleh berbagai negara. Paduan aluminium diklasifikasikan dalam dua kelompok umum, yaitu :

a. Paduan aluminium tuang atau cor *(cast aluminium alloys)*
   1. Paduan dengan perlakuan panas *(heat treatable alloys)*
   2. Paduan tanpa perlakuan panas *(non heat treatable alloys)*

b. Paduan aluminium tempa *(wrought aluminium alloys)*
   1. Paduan dengan perlakuan panas *(heat treatable alloys)*
   2. Paduan tanpa perlakuan panas *(non heat treatable alloys)*

Sistem penandaan untuk kedua kelmpok aluminium paduan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.3. dan 2.4. :

Tabel 2.3. Klasifikasi Paduan Aluminium Cor

Seri Paduan	*Unsur Paduan Utama*
1 xxx	Al ≥ 99 %
2 xxx	Cu
3 xxx	Si + Cu atau Mg
4 xxx	Si
5 xxx	Mg
6 xxx	Tidak digunakan
7 xxx	Zn
8 xxx	Sn

sumber : Smallman R.E,1991, Metalurgi Fisik Modern, Edisi Keempat, Jakarta

Table 2.4. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa

Seri Paduan	*Unsur Paduan Utama*
1 xxx	Al
2 xxx	Cu atau Cu+ Mg
3 xxx	Mn
4 xxx	Si
5 xxx	Mg
6 xxx	Mg + Si
7 xxx	Zn + Mg atau Zn + Mg +Cu
8 xxx	Unsur lainnya

sumber : Smallman R.E,1991, Metalurgi Fisik Modern, Edisi Keempat, Jakarta

Perubahan cukup nyata dari sifat-sifat paduan aluminium dapat juga terjadi karena perlakuan panas tertentu seperti pengerasan regang, peng-anil-an dan lain-lain.

2.7.2 Paduan Aluminium Cor

Struktur mikro paduan aluminium cor (berhubungan erat dengan sifat-sifat mekaniknya) terutama tergantung pada laju pendinginan saat pengecoran dilakukan. Laju pendinginan ini tergantung pada jenis cetakan yang digunakan. Dengan cetakan logam, pendinginan akan berlangsung

lebih cepat dibandingkan dengan cetakan pasir, sehingga struktur logam cor yang dihasilkan akan lebih halus dan menyebabkan peningkatan sifat mekaniknya.

Melalui pemaduan dengan metal lain, sifat-sifat atau (misalnya : batas patah, daya tahan terhadap karat) yang dimiliki aluminium mengalami perubahan. Tabel 2.5. dan 2.6. ini memperlihatkan sifat-sifat mekanik beberapa paduan aluminium cor.

2.5. Tabel Pengaruh unsur paduan pada aluminium

	Mg	*Cu*	*Si*	*Zn*	*Mn*	*Pb*
Batas getas	+ +	+ +	+	+ +	+	O
Daya tahantehadap korasi	+ +	-	+ +	-	+ +	O
Kemampuan dituang	+	O	+ +	O	O	O
Kemampuan diproses cutting	+	O	+ +	+	-	+

Sumber : Suroto,A.Sudibyo, B. IlmoLogam, Metalurgi, ATMI, Surakarta

Keterangan : + + : Sangat meningkat

+ : Meningkat

- : Menurun

O : Tidak berpengaruh

2.6. Sifat-sifat mekanis paduan aluminium cor menurut Aluminium Association

Paduan	*Komposisi Rata-rata (%)*	*Proses Pembuatan*	*Perlakuan Panas*	$\sigma_{yo}2$ *(Mpa)*	σ_u *(Mpa)*	*Rega-ngan (%)*
295.0	4,5 Cu – 1 Si	Cetakan Pasir	T6	165	250	5
308.0	5,5 Si – 4,5 Cu	Cetakan Pasir	F	90	150	101,5
356.0	7 Si – 0,3 Mg	Cetakan Pasir	T6	160	230	< 0,5
390.0	17 Si – 4,5 Cu – 0,6 Mg	Cetakan Pasir Tekanan	T6 T5	270 290	280 310	1
413.0	12 Si – 1,3 Fe	Tekanan	F	160	280	3
712.0	5,8 Zn – 0,6 Mg – 0,5 Cr – 0,2 Ti	Cetakan Pasir Tekanan	F	130	200	5

Sumber : J.M.Dorlot, 1985, Des Materiana, Ecole Polytechnique de Montreal

Disamping sifat-sifat tersebut, ada beberapa sifat penting yang ingin didapat dari aluminium paduan, yaitu dengan kemampuan dispersi, hal ini dengan dicapai dengan jalan memadukan dengan tembaga dan seng atau paduan magnesium-silisium (Mg Si_2) atau magnesium-seng (Mg Zn_2) dengan demikian dapat dibedakan antara aluminium yang dapat dikeraskan dan tidak dapat dikeraskan karena hal ini sangat penting berhubungan dengan proses pengerjaan.

2.7.3. Paduan Al - Cu

Paduan Al – Cu sangat jarang digunakan karena mempunyai tingkat kecairannya jelek. Paduan Al – Cu dapat diperbaiki dengan menambahkan unsur Si. Bahan ini memiliki sifat cukup baik pada suhu tinggi dengan menambahkan unsur paduan Ni dan Mg.

Paduan Al – Cu dengan kadar Cu 4-5% memiliki Sifat-sifat mekanis dan mampu mesin yang baik, sedangkan mampu cor bahan ini kurang baik.

Paduan Al – Cu – Si dengan kadar Si 4–5% pada paduan dapat memperbaiki mampu cornya, paduan ini biasanya dipakai untuk rangka utama katub-katub. Komposisi paduannya ;

Si : 4,58%

Cu : 4,20%

Fe : 0,14%

Al : sisanya

2.7.4. Paduan Al – Si, Al – Si – Mg, dan Al – Si – Cu

Paduan Al – Si merupakan paduan aluminium yang banyak digunakan, dengan kadar Si bervariasi antara 5-20%. Kebanyakan paduan ini memiliki struktur mikro eutektik atau hipoeutektik dan tahan terhadap korosi serta mampu cor baik, sehingga banyak dipakai untuk elemen-elemen mesin. Paduan ini relatif ringan, koefisien pemuaian rendah, penghantar panas dan listrik baik. Bila paduan ini dicor akan mempunyai sifat mekanis rendah karena butir-butir Si cukup besar, sehingga saat pengecoran perlu ditambahkan natrium untuk memperbaiki sifat-sifat mekanisnya. Dalam hal ini unsur Mg meningkatkan respon terhadap perlakuan panas. 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 dan sangat baik mampu bentuknya pada temperatur kamar serta tahan korosi.

Penambahan Cu (3,5%) pada paduan Al – Si apat juga meningkatkan sifat-sifat mekanis paduan. Paduan Al – Si – Cu, paduan ini banyak digunakan untuk bahan piston mesin motor bakar.

Duralium paduan seri 2017 merupakan salah satu paduan yang populer dari aluminium dengan komposisi standar Al – 4%, Cu – 0,5%, Mg – 0,5%Mn. Bila kandungan unsur Mg ditinggikan sehingga komposisi standar berubah menjadi Al – 4,5%, Cu – 1,5%, Mg – 0,5%Mn dinamakan paduan 2024 dengan nama lainnya *Duralium Super*.

2.7.5. Paduan Al – Mg

Paduan aluminium dengan kadar Mg sekitar 4 – 10% mempunayai ketahanan koroasi dan sifat-sifat mekanis yang baik. Paduan ini mempunyai kekuatan tarik diatas 300 Mpa. Dan perpanjangan diatas 12% setelah perlakuan panas. Paduan Al – Mg (disebut juga hidronalium) dipakaiuntuk bagian-bagian dari alat-alat industri kimia, kapal laut, kapal terbang yang membutuhkan daya tahan yang baik terhadap korosi. Khususnya korosi terhadap air laut dan udara dengan kadar garam relatif tinggi. Komposisi dari paduan ini :

Mg : 3,86%

Si : 0,18%

Mn : 0,39%

Fe : 0,29%

Cu : 0,07%

Al : sisanya

Paduan 5056 merupakan paduan paling kuat dalam sistem ini dan dipakai bila diperlukan kekerasan tinggi. Paduan 5083 dengan 4,5% Mg setelah dianil merupakan paduan yang cukup kuat dan mudah dilas. Paduan ini banyak dipakai sebagai bahan tangki LNG. Dalam tabel 2.7. ini dapat dilihat sifat mekanis dari paduan Al - Mg

Tabel 2.7. Sifat-sifat mekanis paduan Al - Mg

Paduan	*Sifat-sifat mekanis*					
	Kekuatan Tarik (Mpa)	*Kekuatan Mulur (Mpa)*	*Perpanjan-gan (%)*	*Kekuatan Geser (Mpa)*	*Kekerasan Bbrinell*	*Batas Lelah $5x10^8$ (Mpa)*
5052	219 288	84 253	30 8	127 169	45 85	120 134
5056	295 436	155 408	35 6	183 232	- -	141 155

Sunber : Surdia T, Saito S, Pengetahuan Bahan Teknik, Cetakan Ketiga, Jakarta

Paduan yang mengandung Cu mempunyai daya tahan kurang baik terhadap korosi, sehingga bila kita ingin meningkatkan ketahanan korosinya maka biasanya pada permukaan paduan tersebut dilapisi dengan aluminium murni atau paduan aluminium tahan korosi. Paduan dengan sistem ini biasanya dipakai sebagai bahan pesawat terbang.

2.7.6. Paduan Al - Mn

Mangan (Mn) merupakan unsur paduan yang dipakai untuk memperkuat aluminium tanpa mengurangi ketahanan korosinya, dan dipakai untuk membuat paduan tahan korosi. Misal : Al – 1,2%Mn, dan Al – 1,2%Mn – 1,0%Mg. Ini merupakan paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas.

2.7.7. Paduan Al – Mg – Zn

Aluminium menyebabkan keseimbangan biner semu dengan senyawa antar logam Mg Zn_2, kelarutannya menurun apabila temperatur menurun. Paduan ini dapat dibuat menjadi sangat keras dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan, dan mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi tegangan. Sifat yang tidak baik ini dapat dihilangkan dengan menambahkan 0,3%Mn atau Cr sehingga menjadi butiran kristalnya menjadi halus, mengubah bentuk presipitasi serta terhindar dari korosi tegangan. Paduan ini dinamakan ESD; *Duralium Super Extra,* dan merupakan paduan dengan kekuatan paling tinggi diantara paduan-paduan lainnya. Bahan ini paling banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang dan sebagai bahan konstruksi lainnya.

Paduan 7075 dengan komposisi :

Zn : 5,5%

Mg : 2,5%

Cu : 1,5%

Cr : 0,3%

Mn : 0,2%

Al : sisanya

2.7.8. Paduan Aluminium Tahan Panas

Paduan Al – Cu – Ni – Mg (Y) mempunyai kekuatan konstan sampai suhu 300°C, sehingga paduan ini banyak digunakan untuk piston atau silinder.

Paduan Al – Si – Cu – Ni – Mg mempunyai koefisien muai rendah dan tahan pada suhu tunggi sehingga paduan ini banyak dipakai untuk piston.

2.7.9. Pengaruh Unsur Paduan Dalam Aluminium

Untuk mendapatkan hasil cor paduan aluminium berkualitas baik, maka perlu diketahui berat jenis dan titik cair masing-masing unsur paduan dalam paduan tersebut. Pada saat proses pembekuan berlangsung, terjadi pemisahan bertahap dari unsur-unsur yang memiliki berat jenis berbeda. Unsur dengan berat jenis lebih rendah akan terapung didaerah permukaan dan membentuk jaringan struktur kristal sendiri. Sebalik unsur dengan berat lebih tinggi akan berada dibawah membentuk struktur kristal utama. Untuk memperoleh keseragaman unsur yang terdistribusi merata pada bahan, maka diperlukan tambahan unsur sebagai katalisator untuk mempermudah terjadinya ikatan dari berbagai macam jenis unsur yang

berlainan berat jenis, jika terdapat unsur dengan berat jenis berbeda membentuk ikatan sendiri maka akan didapat sifat bahan yang tidak homogen dan unsur ini dapat menimbulkan cacat pada paduan. Perbedaan titik cair masing-masing unsur akan mempengaruhi sifat-sifat kekuatan bahan.

Dibawah ini unsur paduan yang biasa dipakai untuk aluminium, baik yang mempengaruhi sifat positif maupun sifat negatif :

a. Unsur Silisium (Si)

Pengaruh positif :

1. Mempermudah proses pengecoran.
2. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi.
3. Memperbaiki sifat-sifat coran.
4. Menurunkan penyusutan dalam hasil coran

Pengaruh negatif :

1. Penurunan keuletan bahan terhadap beban kejut.
2. Hasil cor akan rapuh jika kandungan Si terlalu tinggi.

b. Unsur Tembaga (Cu)

Pengaruh positif :

1. Meningkatkan kekerasan bahan.
2. Memperbaiki kekuatan tarik.
3. Mempermudah proses pengerjaan mesin.

Pengaruh negatif :

1. Menurunkan daya tahan terhadap korosi.
2. Mengurangi keuletan bahan.
3. Menurunkan kemampuan dibentuk atau dirol.

c. Unsur Mangan (Mn)

Pengaruh positif :

1. Meningkatkan keuletan dan daya tahan pada temperatur tinggi.
2. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi.
3. Mengurangi pengaruh buruk unsur besi.

Pengaruh negatif :

1. Menurunkan kemampuan penuangan.
2. Meningkatkan kekerasan butiran partikel.

d. Unsur Magnesium (Mg)

Pengaruh positif :

1. Mempermudah proses penuangan.
2. Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin.
3. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi.
4. Meningkatkan kekuatan mekanis.
5. Menghaluskan butiran kristal secara efektif.
6. Meningkatkan ketahanan terhadap beban kejut / impak.

Pengaruh negatif :

1. meningkatkan timbulnya cacat pada hasil cor.

e. Unsur Nikel (Ni)

Pengaruh positif :

1. Peningkatkan kekuatan dan ketahanan bahan pada temperatur tinggi.
2. Penurunan unsur Ni dapat juga menyebabkan peningkatan daya tahan paduan.

f. Unsur Besi (Fe)

Pengaruh positif :

1. Mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan selama penuangan.

Pengaruh negatif :

1. Penurunan sifat mekanis.
2. Penurunan kekuatan tarik.
3. Timbulnya bintik keras pada hasil cor.
4. Peningkatan cacat porositas.

g. Unsur Seng (Zn)

Pengaruh positif :

1. Meningkatkan mampu cor.
2. Meningkatkan kemampuan di mesin.

3. Mempermudah dalam pembentukkan.
4. Meningkatkan keuletan bahan.
5. Meningkatkan kekuatan terhadap beban kejut.

Pengaruh negatif :

1. Menurunkan ketahanan korosi.
2. Menurunkan pengaruh baik dari unsur besi, dan bila kadar Zn terlalu tinggi dapat menimbulkan cacat rongga udara.

g. Unsur Titanium (Ti)

Pengaruh positif :

1. Menigkatkan kekuatan hasil cor pada temperatur tinggi.
2. Memperhalus butir dan permukaan.
3. Mempermudah proses penuangan.

Pengaruh negatif :

1. Menaikkan viskositas logam cair dan mengurangi fluiditas logam cair.

2.8. Perlakuan Panas

Dalam penilitian ini bahan diberikan perlakuan panas untuk melihat pengaruh dari perlakuan tersebut terhadap bahan, dimana perlakuan panas tersebut adalah proses pemanasan atau pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis dan mekanis logam tersebut.

Pengaruh perlakuan panas tersebut dapat mengubah bentuk struktur logam, mengurangi tegangan, dan lain-lain. Untuk melakukan perlakuan panas yang tepat, bahan yang akan diberikan perlakuan panas harus diketahui komposisinya, dengan harapan setelah melakukan perlakuan panas perubahan sifat fisis dan mekanisnya diketahui. Perlakuan panas tersebut ada beberapa jenis:

1. Tempering
2. Annealling
3. Quenching
4. Normalising,
5. dan lain-lain.

Didalam penelitian ini yang dipakai perlakuan panas normalising kemudian diberikan perlakuan panas lanjutan berupa perlakuan "Aging". Dibawah ini merupakan pengertian normalising dan aging.

2.8.1. Normalising.

Merupakan proses perlakuan panas dimana bahan dipanaskan sampai suhu tertentu dalam waktu tertentu dan kemudian didinginkan secara perlahan sampai suhu kamar, dengan tujuan untuk menghilangkan tegangan-tegangan dalam dan untuk pengkristalan kembali.

2.8.2. Aging.

Proses aging merupakan kelanjutan proses perlakuan panas yang bertujuan untuk membentuk keseragaman struktur pada bahan. Bahan dipanaskan pada temperatur 120 °C – 180 °C *(untuk Aluminium)*, disini

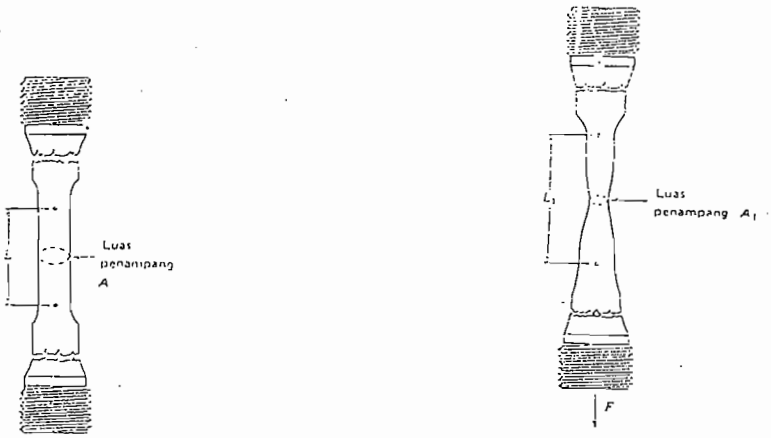
dipakai suhu sampai 150 °C. kemudian dibiarkan stabil pada temperatur 150 °C pada waktu tertentu *(dipenelitian ini sampai 1 jam)*. Keseregaman struktur dapat diperoleh tergantung pada lamanya proses pemanasan. Pendinginan dilakukan pelan-pelan dengan suhu kamar, proses ini bertujuan untuk menghilangkan dislokasi akibat presipitasi partikel dengan deforamasi partikel sehingga paduan mengalami penguatan.

2.9. Pengujian Bahan

Pengujian bahan ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat bahan itu sendiri, dimana pengujian meliputi :

2.9.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan pengujian dengan jalan memberikan beban pada benda uji secara perlahan sampai benda uji patah. Beban tarik yang bekerja pada benda uji akan menimbulkan pertambahan panjang disertai pengecilan diameter benda uji. Gambar 2.3 menunjukkan skema benda uji tarik.



Benda uji sebelum ditarik Benda uji setelah ditarik

Gambar 2.3. Skema benda uji tarik

Perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang awal benda uji disebut regangan (ε) :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} (\%)$$

Perbandingan antara perubahan penampang setelah pengujian dan penampang awal disebut kontraksi (γ) :

$$\gamma = \frac{A_o - A_f}{A_o} (\%)$$

dimana :

A_o = Luas penampang awal benda uji

A_f = Luas penampang akhir benda uji

Untuk menghitung luas penampang pada pengujian ini memakai persamaan :

$$A = \frac{\pi \times d_0^{\,2}}{4} (mm^2)$$

dimana :

d_o = *Diameter sesudah dikorosi*

Untuk menghitung tegangan tarik, luluh, dan patah pada pengujian ini memakai persamaan :

$$\sigma_t = \frac{Ft}{A} (kg/mm^2);$$

$$\sigma_b = \frac{Fb}{A} (kg/mm^2);$$

$$\sigma_y = \frac{Fy}{A} (kg/mm^2)$$

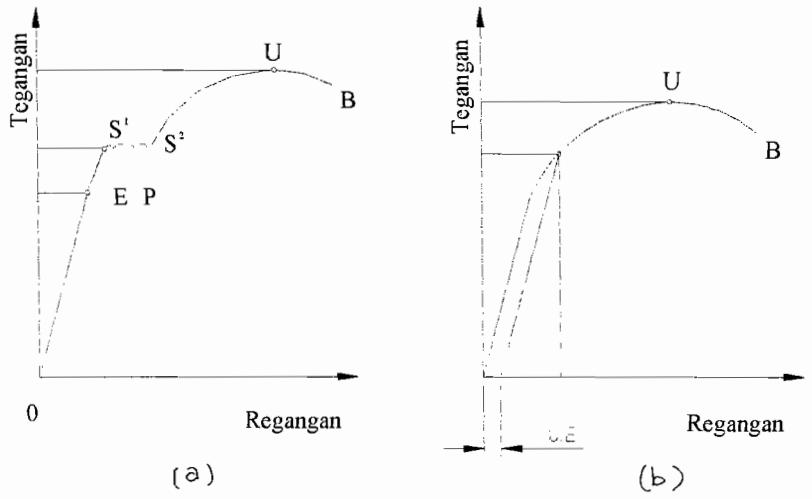
dimana :

Ft = *Beban maksimum*

Fb = *Beban patah*

Fy = *Beban luluh*

Dengan mengetahui tegangan dan regangan suatu bahan yang timbul, maka kita dapat mengetahui kekuatan dan karakter dari suatu bahan agar dapat digunakan sesuai dengan batas kemampuan bahan dan batas kekuatannya.



Gambar 2.4. Hubungan tegangan dan regangan uji tarik untuk (a) bahan keras dan (b) bahan lunak

Pada pembebanan dari 0 sampai E/P grafik masih merupakan garis lurus. Titik E/P dinamakan batas elastis atau batas proporsional. Sebenarnya titik P berada sedikit diatas titik E, tetapi biasanya kedua titik tersebut dianggap berhimpitan. Apabila besarnya pembebanan didalam daerah O – E, maka benda uji hanya mengalami deformasi elestik. Jadi bila beban yang ditiadakan, benda uji akan kembali pada bentuk semula. Titik E merupakan batas deformasi elestik dan deformasi plastik. Bila besarnya pembebanan melampaui titik E, maka grafik yang terbentuk merupakkan garis lurus.

Apabila tegangan sudah mencapai titik B, maka tegangan ini merupakan tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji tersebut. Tegangan dititik B dinamakan tegangan/batas patah, karena pada titik B tersebut benda uji menunjukkan gejala patah berupa retakan-retakan. Retakan-retakan yang timbul pada titik semakin bertambah besar dan akhirnya benda uji patah pada titik F.

Sifat-sifat terhadp beban tarik :

a. Modulus elastis

Modulus elastis adalah ukuran kekuatan suatu bahan, makin besar modulusnya maka makin kecil regangan elastik yang dihasilakn akibat pemberian tegangan.

Modulus elastis suatu bahan ditentukan oleh gaya ikatan antar atom pada bahan tersebut, karena gaya ini tidak dapat diubah tanpa terjadi perubahan mendasar sifat bahannya, maka modulus elastis merupakan

salah satu dari banyak sifat mekanik yang tidak mudah diubah. Sifat ini hanya sedikit berubah oleh adanya penambahan paduan, perlakuan panas, atau pengerjaan dingin. Modulus elastis biasanya diukur pada suhu tinggi dengan metode dinamik. Nilai-nilai modulus elastis untuk logam teknik dapat dilihat pada tabel 2.8. :

Tabel 2.8. Harga modulus elastis bahan pada berbagai suhu

Modulus elastisitas, psi x 10^{-6}					
Bahan	**Suhu kamar**	**400° F**	**800° F**	**1000° F**	**1200° F**
Baja karbon	30,0	27,0	22,5	19,5	18,0
Baja tahan karat austenit	28,0	25,5	23,0	10,1	-
Paduan Titanium	16,5	14,0	10,7	-	-
Paduan Aluminium	9,5	9,5	7,8	-	-

b. Batas proporsional

Batas proporsional adalah tegangan maksimum elastis bahan, sehingga apabila tegangan-regangan yang diberikan tidak melebihi proporsional, bahan tidak akan mengalami deformasi dan akan kembali kebentuk semula.

c. Kekuatan luluh

Kekuatan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan.

d. Tegangan tarik maksimum

Tegangan tarik maksimum adalah bean tarik maksimum yang dapat ditahan material sebelum putus.

2.9.2. Pengujian Impak

Pada uji impak ini untuk mengetahui sifat-sifat benda uji. Pada uji impak dibutuhkan tenaga untuk mematahkan benda uji dengan sekali pukulan. Alat pemukul yang digunakan berupa palu dengan berat tertentu. Benda uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran 10 x 10 mm dengan panjang 57 mm dan takikan 5 mm serta sudut takikan 45°. Palu dijatuhkan dengn sudut tertentu dan sisi pisau akan mengenai benda uji, dengan begitu benda uji akan patah dan kemudian palu akan berayun kembali. Untuk mengetahui harga keliatan suatu bahan dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{Keliatan bahan} = \frac{W}{A} Joule / mm^2$$

Dengan :

W = Tenaga patah *(Joule)*

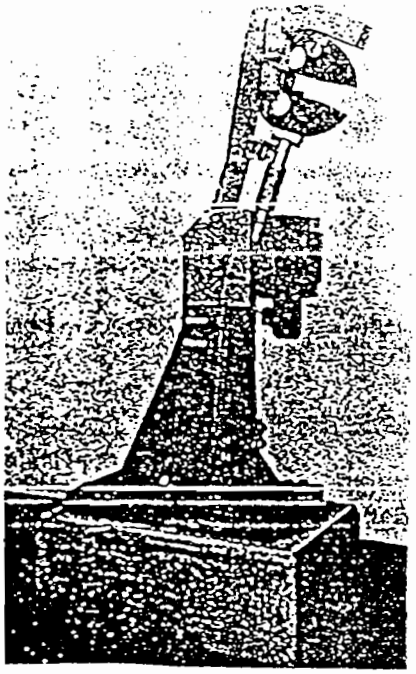
$= GR(\cos \beta - \cos \alpha)\, g$ *(Joule)*

G = Berat bandul = 1,357 kg

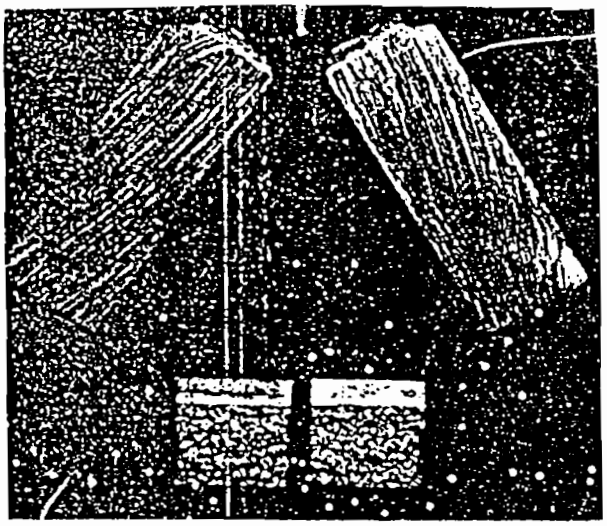
R = Panjang lengan pemukul = 0,3948 m

g = Gravitasi = 9,81 m/s^2

A = Luas penampang patahan (mm^2)

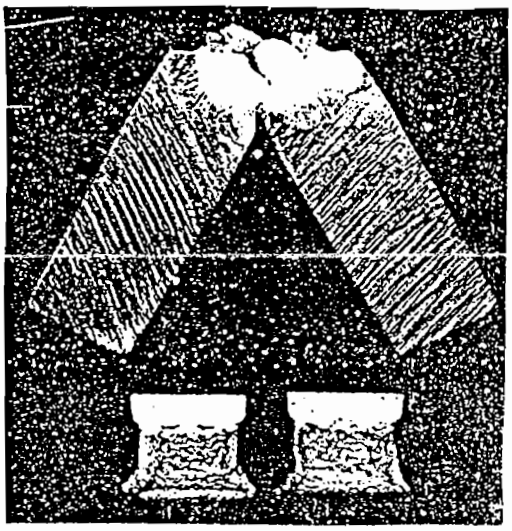


Gambar 2.5. Alat uji Impak

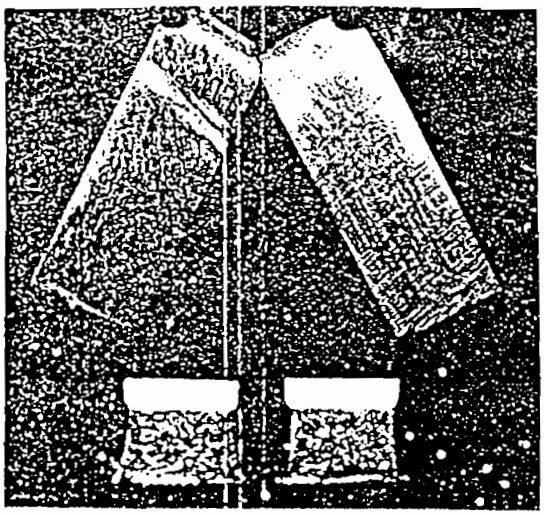


Gambar 2.6. Bentuk Patahan Getas

(sumber : G.L.J. Van Vliet, Teknologi untuk Bangunan Mesin, Bahan-bahan I, Penerbit Erlangga Jakarta)



Gambar 2.7. Bentuk Patahan Liat
(sumber : G.L.J. Van Vliet. Teknologi untuk Bangunan Mesin. Bahan-bahan I. Penerbit Erlangga Jakarta)



Gambar 2.8. Bentuk Patahan Campuran
(sumber : G.L.J. Van Vliet. Teknologi untuk Bangunan Mesin. Bahan-bahan I. Penerbit Erlangga Jakarta)

Patahan getas adalah rata dan mempunyai permukaan yang mengkilap. Jika potongan-potongan kita sambungkan lagi, ternyata patahan itu tidak diikuti dengan deformasi bahan lihat (gambar 2.6). Tipe ini mempunyai pukulan takik yang rendah.

Patahan liat mempunyai permukaan patahan yang tidak rata, buram dan berserat, lihat (gambar 2.7). Tipe ini mempunyai pukulan takik yang tinggi.

Patahan campuran adalah patahan yang sebagian getas dan sebagian liat. Patahan ini paling banyak terjadi. (gambar 2.8)

Keuntungan pengujian ini :

a. Pengujian dapat dilakukan pada suhu dibawah suhu ruang.
b. Bentuk benda uji cocok untuk mengukur ketangguhan takik pada bahan berkekuatan rendah.
c. Dapat juga digunakan untuk membandingkan pengaruh paduan dan perlakuan panas pada ketangguhan takik.

Kerugaiannya :

a. Bahan yang diuji akan rusak dan tidak bisa dipakai lagi.

2.9.3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujiam yang dipakai karena dapat dilaksanakan pada benda yang kecil tanpa kerusakan mengenai spesifikasinya.

Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan jalan menekankan indentor pada permukaan benda uji dengan beban tertentu dan waktu tertentu serta mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk diatasnya. Cara ini dinamakan cara kekerasan penekanan. Pada pengujian kekerasan

ini, yang dibahas hanya pengujian kekerasan Brinell, karena hanya untuk mengetahui jenis bahan apa untuk penelitian ini.

A. Pengujian Kekerasan Brinell

Cara Brinell ini dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang telah dikeraskan ke permukaan benda uji tanpa sentakan dalam waktu dan beban tertentu. Setelah gaya ditiadakan dan bola baja dikeluarkan dari benda uji, maka dipermukaan benda uji terdapat lekukan bekas injakan dan diameter lekukan paling atas bekas injakan tadi diukur untuk kemudian sebagai dasar perhitungan kekerasan benda uji. Kekerasan ini disebut "Kekerasan Brinell" yang disingkat HB atau HBN (Brinell Hardness Number).

Untuk mencari harga kekerasan Brinell dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$HB = \frac{\text{Gaya yang bekerja pada penetrator (kg)}}{\text{Luas penampang bekas injakan (mm}^2\text{)}}$$

$$HB = \frac{2P}{\pi \times D \times \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} \quad \left(\frac{kg}{mm^2}\right)$$

dimana :

P = gaya yang bekerja pada penetrator (kg)

D = diameter penetrator (mm)

d = diameter bekas injakan (mm)

Beban yang bekerja pada penetrator tergantung pada :

a. diameter penetrator

b. jenis logam benda uji

Kekurangan dari pengujian Brinell :

1. Jika bola baja kurang keras, maka hasil pengujian kurang akurat.
2. Bekas injakan kadang-kadang terlalu besar
3. Disekitar bekas injakan terjadi kenaikan permukaan sehingga mengurangi ketelitian.

Pada pengujian brinell ini diameter penetrator ada beberapa macam yang digunakan, seperti pada tabel 2.9. :

Tabel 2.9. Macam – macam diameter penetrator

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

HB rata-rata	$\frac{P}{D^2}$	Bahan
160	30	Baja, Besi cor
160 – 80	10	Kuningan, logam campur Cu
80 – 20	5	Aluminium, Tembaga

Diameter penetrator D (mm)	$\frac{P}{D^2} = 5$	$\frac{P}{D^2} = 10$	$\frac{P}{D^2} = 30$
	Gaya (kg)		
2,5	31,25	62,5	187,5
5	125	250	750
10	500	1000	3000

2.9.4. Pengujian Struktur Kristal

Ada dua macam pengujian struktur kristal yang biasa digunakan :

a. Struktur Makro

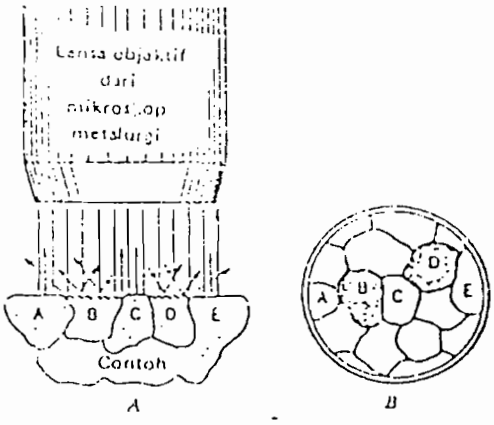
Pengujian struktur makro merupakan pengujian dengan melihat bekas patahan dimana bahan dinilai dari besar butir kristal, warna dan mengkilatnya patahan sehingga dapat ditentukan jenis patahannya. Pengujian lainnya adalah pemeriksaan dengan jalan mengetsa dan pemerikasaan cacat kecil setelah memoles patahan.

b. Stuktur Mikro

Pada pengujian ini peneliti mengamati sifat-sifat logam sebelum dan sesudah mengalami perlakuan panas. Struktur benda uji sangat dipengaruhi oleh riwayat perlakuan panas. Struktur dan sifat dari paduan benda uji dan bagian yang cacat dapat diamati dengan menggunakan mikroskop.

Dalam penelitian ini mikroskop yang digunakan adalah mikroskop metalurgi. Bila cahaya dipantulkan masuk kedalam lensa mikroskop, permukaan tampak dengan jelas. Bila berkas

dipantulkan dan tidak mengenai lensa, daerah itu akan hitam. Batas butir akan tampak seperti mengelilingi setiap butir dan cahaya tidak dipantulkan kedalam lensa, jadi batas butir tampak seperti garis-garis hitam. Pada gambar dibawah ini tampak arah pemantulan cahaya.



A- contoh yang sedang dietsa sedang diperiksa dengan mikroskop

B- contoh penampilan benda uji melalui mikroskop

Gambar 2.9. Pemantulan cahaya pada benda

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Persiapan Bahan

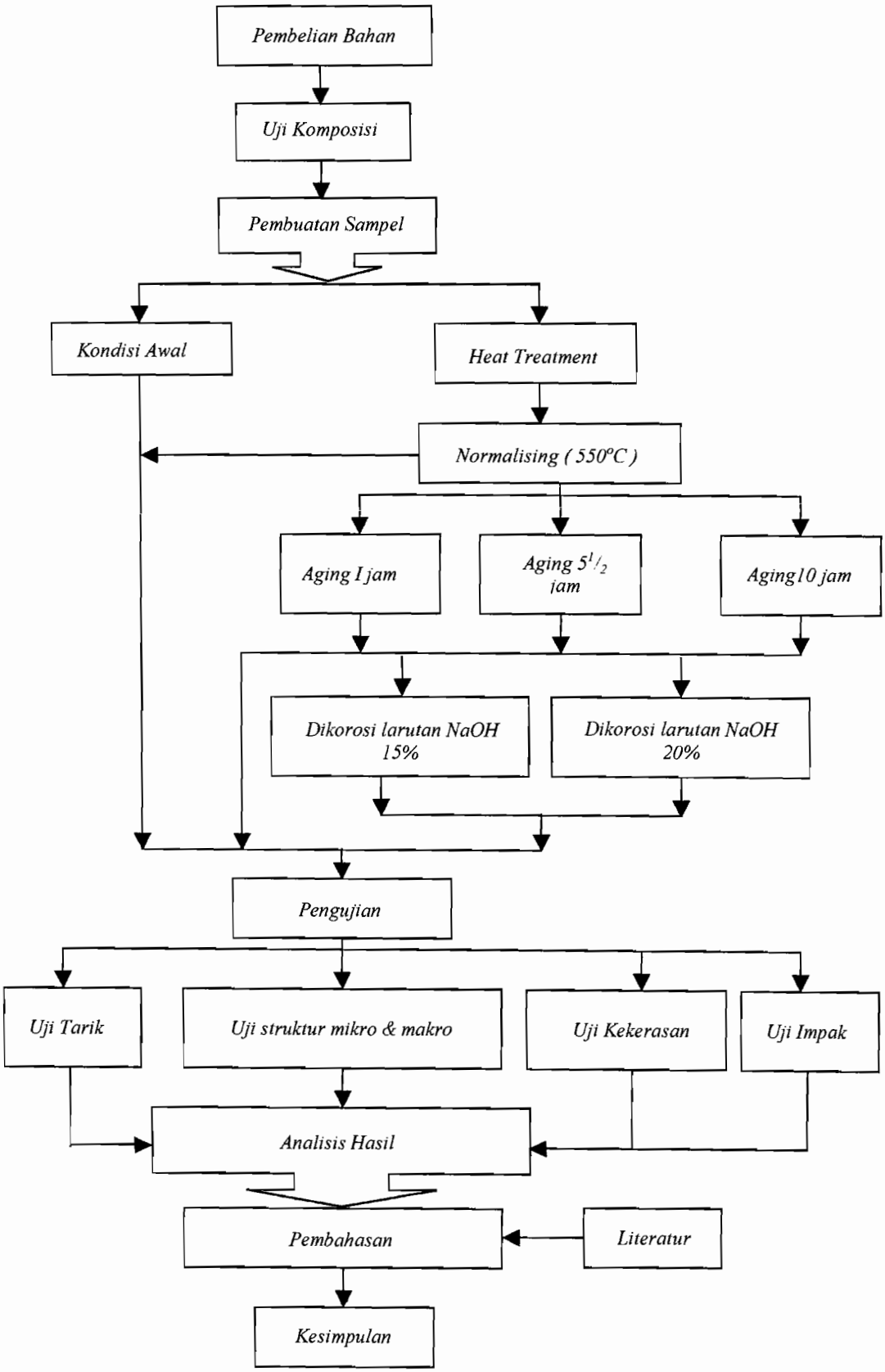
Untuk penelitian ini bahan yang digunakan merupakan aluminium berbentuk poros, dengan paduan komposisi kandungan aluminium sebagai berikut :

Al	: 76,09%	Fe	: 0,31%
Zn	: 14,97%	Cu	: 0,11%
Mg	: 0,25%	Si	: 0,00%

Aluminium tersebut diatas didapat dari toko material "Aneka Teknik" Yogayakarta.

Bahan disini yang dibeli adalah aluminium dengan diameter 12 mm. Aluminium ini sebelum dilakukan heat treatment dan pengujian dibentuk spesimen dahulu untuk pengujian tarik dan kekerasan, untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro dan makro dipakai bahan bekas pengujian impak, yang dilakukan di laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Dibawah ini digambarkan diagram dari pembelian sampai selesai pembuatan naskah, sebagai berikut :


Pembelian Bahan
Uji Komposisi
Pembuatan Sampel
Kondisi Awal
Heat Treatment
Normalising (550°C)
Aging I jam
Aging 5 1/2 jam
Aging10 jam
Dikorosi larutan NaOH 15%
Dikorosi larutan NaOH 20%
Pengujian
Uji Tarik
Uji struktur mikro & makro
Uji Kekerasan
Uji Impak
Analisis Hasil
Pembahasan
Literatur
Kesimpulan

3.2. Peralatan Yang Digunakan

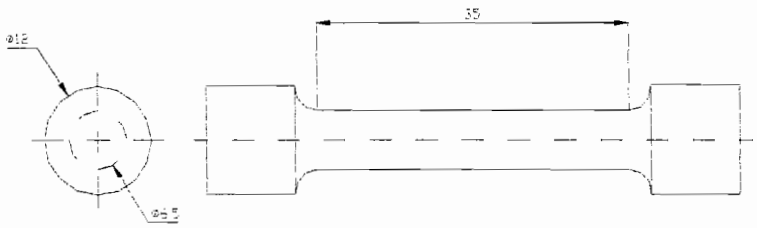
Peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian:

1. Mesin Uji Tarik
2. Alat uji impak
3. Mesin uji kekerasan Brinell
4. Mesin bubut
5. Mesin gergaji
6. Mikroskop optik dan kamera
7. Oven
8. Ampelas ukuran 500, 800, 1000 CW dan batu hijau
9. Autosol dan cairan NaOH

3.3. Pembuatan Sampel

3.3.1. Uji Tarik

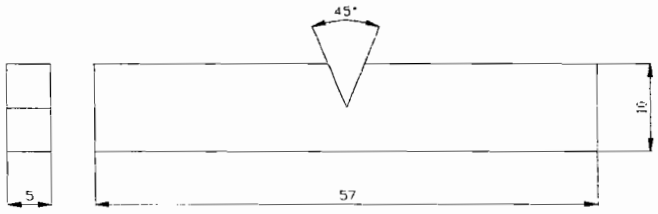
Bahan mula-mula berbentuk poros dengan diameter 12 mm, 6000 mm dibuat menjadi 42 buah, seperti pada gambar 3.1. :



Gambar 3.1. Bentuk benda uji tarik

Pada pengujian tarik ini, 5 spesimen dalam kondisi mula-mula atau tidak mendapat proses aging, 5 spesimen diberikan perlakuan aging pada suhu 150° C selama 1 jam, 5 spesimen diberikan perlakuan aging pada suhu 150° C selama 5½ jam, dan 5 spesimen diberikan perlakuan aging pada suhu 150° C selama 10 jam, kemudian setelah pengagingan, 12 spesimen dikorosi pada larutan NaOH 15% selama 1 jam dan 12 spesimen dikorosi pada larutan NaOH 20% selama 1 jam. Pembuatan spesimen dilakukan di Lab. Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

3.3.2. Uji Impak



Gambar 3.2. Bentuk benda uji impak

Bahan dipotong menjadi 32 spesimen dengan bentuk seperti pada gambar 3.2. Spesimen dibuat dengan ukuran lebar 10 mm, tebal 5 mm, dan panjang 57 mm. Serta dibuat takikan dengan kedalaman 5 mm dengan sudut 45°. Banyaknya spesimen adalah 32 buah. 5 spesimen dalam kondisi mula-mula atau tidak mendapat proses aging, 5 spesimen diberikan perlakuan aging pada suhu 150° C selama 1 jam, 5 spesimen diberikan perlakuan aging pada suhu 150° C selama 5½ jam, dan 5 spesimen diberikan perlakuan aging pada suhu 150° C selama 10 jam, kemudian

setelah pengagingan, 9 spesimen dikorosi pada larutan NaOH 15% selama 1 jam dan 9 spesimen dikorosi pada larutan NaOH 20% selama 1 jam . Pembuatan spesimen dilakukan di Lab. Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

3.3.3. Uji Kekerasan dan Struktur Mikro, Makro

Untuk pengujian kekerasan bahan yang digunakan bekas pengujian impak yang belum mendapatkan perlakuan atau dalam kondisi mula - mula, sedangkan untuk struktur mikro dan makro dipakai bekas benda uji impak yang mendapat perlakuan aging 1 jam, $5^1/_2$ jam, 10 jam dan sudah dikorosi dengan kadar larutan NaOH 15% dan 20% .

3.4. Proses Perlakuan Panas *(Heat Treatment)*

Proses perlakuan panas dilakukan dalam dua tahap yaitu :

1. Proses normalising dengan suhu 550° C
2. Proses aging dengan suhu 150° C

Benda uji di normalising pada suhu 550° C dipertahankan pada temperatur ini selama 1 jam dan dinginkan secara perlahan sampai mencapai suhu kamar. Benda uji setelah di normalising kemudian diberikan perlakuan lanjutan berupa aging dengan waktu proses aging 1 jam, $5^1/_2$ jam, dan 10 jam. Kemudian didinginkan didalam oven sampai didapat suhu kamar.

Proses perlakuan panas normalising dan aging dilakukan di Laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

3.5. Pengujian Bahan

3.5.1. Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis aluminium setelah diberikan perlakuan panas, dengan menggunakan alat uji tarik model GT- 7010-AZ, merk GOTECH Test Machines Inc. Taiwan, Serial 8401158

Pada pengujian ini bahan berbentuk poros sejumlah 42 buah, dengan berbagai macam keadaan:

a. 5 spesimen pada kondisi awal

b. 5 spesimen pada kondisi aging 1 jam

c. 5 spesimen pada kondisi aging 5½

d. 3 spesimen pada kondisi aging 10

e. 5 spesimen pada kondisi aging 1 jam, dikorosi pada larutan NaOH 15%

f. 5 spesimen pada kondisi aging 5½ jam, dikorosi pada larutan NaOH 15%

g. 2 spesimen pada kondisi aging 10 jam, dikorosi pada larutan NaOH 15%

h. 5 spesimen pada kondisi aging 1 jam, dikorosi pada larutan NaOH 20%

i. 5 spesimen pada kondisi aging 5½ jam, dikorosi pada larutan NaOH 20%

j. 2 spesimen pada kondisi aging 10 jam, dikorosi pada larutan NaOH 20%

Adapun urutan proses pengujian tarik :

a. Benda uji dipasang pada penjepit atas dan bawah mesin uji, kemudian diatur benda uji agar berada pada posisi betul-betul

vertikal dengan menaikkan penjepit dengan kecepatan lambat lalu penjepit dikencangkan. Milimeter blok dipasang untuk mendapat grafik hasil pengujian tetapi nilai-nilai grafik masih berupa beban dan pertambahan panjang.

b. Benda uji diberikan beban tarik, sehingga benda uji bertambah panjang dan sampai benda uji patah. Perpatahan benda uji diharapkan pada daerah Lo, apabila patah diluar daerah Lo maka pengujian dinyatakan gagal dan harus diulang dengan benda uji yang baru.

c. Milimeter blok yang sudah terbentuk grafik setalah benda uji patah diambil dan kemudian beban maksimum dicatat, pertambahan panjang dan beban patah pada milimeter blok

d. Pengujian lakukan lagi sampai sampel pengujian habis.

3.5.2. Pengujian Impak

Pada pengujian impak ini dilakukan untuk mengetahui keliatan aluminium terhadap beban kejut setelah diberikan perlakuan panas, dengan menggunakan alat uji impak Charpy dengan model GT – 7054, merk GOTECH.

Pada pengujian ini sampel uji yang akan diuji, sejumlah 32 buah, dengan berbagai macam keadaan, antara lain :

a. 5 spesimen pada kondisi awal

b. 3 spesimen pada kondisi aging 1

c. 3 spesimen pada kondisi aging 5½ jam

d. 3 spesimen pada kondisi aging 10 jam

e. 3 spesimen pada kondisi aging 1 jam, dikorosi pada larutan NaOH 15%

f. 3 spesimen pada kondisi aging 5½ jam, dikorosi pada larutan NaOH 15%

g. 3 spesimen pada kondisi aging 10 jam, dikorosi pada larutan NaOH 15%

h. 3 spesimen pada kondisi aging 1 jam, dikorosi pada larutan NaOH 20%

i. 3 spesimen pada kondisi aging 5½ jam, dikorosi pada larutan NaOH 20%

j. 3 spesimen pada kondisi aging 10 jam, dikorosi pada larutan NaOH 20%

Adapun urutan proses pengujian impak :

a. Lengan pembentur dinaikkan sesuai dengan sudut yang telah ditentukan kemudian lengan pembentur tersebut dikunci.

b. Kunci pembentur dilepaskan, sehingga beban berayun tanpa ditahan oleh benda uji. Kemudian dicatat angka yang ditunjuk oleh jarum yang terdorong oleh ayunan pemberat *(sudut α)*.

c. Benda uji pasang pada anvil (dudukan) dengan posisi takikan berada ditengah (center) kemudian pembentur dinaikkan keposisi semula dan kunci.

d. Kunci pembentur dilepaskan sehingga pembentur dapat berayun membentur benda uji.

e. Gerakan ayunan pembentur dihentikan, kemudian dicacat sudut pada dial yang ditunjukkan oleh jarum beban *(sudut β)*.

3.5.3. Pengujian Kekerasan

Pada pengujian kekerasan Brinell ini hanya untuk mengetahui kekerasan awal aluminium sebelum dilakukan penelitian, untuk menentukan aluminium jenis tertentu dengan harga kekerasan tertentu sebagai bahan penelitian.

Pada pengujian ini mengunakan alat uji kekerasan Brinell dengan type 100 MR buatan Italy Number 55G, bahan yang diuji diambil sebagian dari pengujian impak pada kondisi normal atau mula-mula. Sebelum dilakukan pengujian bahan terlebih dahulu diamplas dengan ukuran 500, 800, 1000 Cw, kemudian dipoles dengan autosol dan dibersihkan dengan kain lembut. Adapun proses pengujian sebagai berikut :

1. Benda uji yang telah rata diletakkan dengan posisi tepat di bawah bola indentor.
2. Penekanan indentor dilakukan dengan memutar handle penekan dengan beban 125 kg, dan penetrator yang di gunakan adalah 5 mm dipertahankan selama 1 menit.
3. Diameter bekas injakan diukur dengan menggunakan loop berskala guna mendapatkan nilai kekerasan.

3.5.4. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro ini untuk mengetahui struktur aluminium setelah mendapatkan perlakukan, pengujian ini memakai alat foto Nikon

FM 10, mikroskop dengan type Union Mikroskop buatan Tokyo, Jepang.

Bahan pengujian yang dipakai bahan bekas pengujian impak.

Adapun proses pengujiannya sebagai berikut ;

1. Benda uji diamplas dengan ukuran 500, 800, 1000 Cw, kemudian dipoles dengan autosol dan gosok dengan kain lembut sampai permukaannya mengkilat
2. Pengetsaan dilakukan dengan larutan NaOH dengan menetaskannya pada bagian yang mengkilap dan biarkan selama beberapa detik sambil digoyang-goyang, kemudian dimasukkan ke dalam alkohol.
3. Permukaan yang dietsa akan menunjukkan perubahan warna pada permukaan.
4. Permukaan yang telah dietsa diamati dibawah mikroskop dengan pembesaran tertentu, setelah didapat gambar yang jelas lalu di foto.

3.5.5. Pengujian Struktur Makro

Pengujian struktur makro ini untuk melihat bekas patahan hasil impak dan jenis patahan aluminium setalah diberikan perlakuan dan sebelum diberikan perlakuan.

Spesimen yang di foto struktur makro adalah sebagai berikut:

1. 4 buah spesimen pada kondisi awal setelah di uji impak
2. 1 buah spesimen pada kondisi aging 1 jam, dikorosi pada larutan NaOH 15% sebelum di uji impak
3. 1 buah spesimen pada kondisi aging 1 jam, dikorosi pada larutan NaOH 15% setelah di uji impak

4. 1 buah spesimen pada kondisi aging 5½ jam, dikorosi pada larutan NaOH 15% sebelum di uji impak
5. 1 buah spesimen pada kondisi aging 5½ jam, dikorosi pada larutan NaOH 15% setelah di uji impak
6. 1 buah spesimen pada kondisi aging 10 jam, dikorosi pada larutan NaOH 15% sebelum di uji impak
7. 1 buah spesimen pada kondisi aging 10 jam, dikorosi pada larutan NaOH 15% setelah di uji impak
8. 1 buah spesimen pada kondisi aging 1 jam, dikorosi pada larutan NaOH 20% sebelum di uji impak
9. 1 buah specimen pada kondisi aging 1 jam, dikorosi pada larutan NaOH 20% setelah di uji impak
10. 1 buah spesimen pada kondisi aging 5½ jam, dikorosi pada larutan NaOH 20% sebelum di uji impak
11. 1 buah spesimen pada kondisi aging 5½ jam, dikorosi pada larutan NaOH 20% setelah di uji impak
12. 1 buah spesimen pada kondisi aging 10 jam, dikorosi pada larutan NaOH 20% sebelum di uji impak
13. 1 buah spesimen pada kondisi aging 10 jam, dikorosi pada larutan NaOH 20% setelah di uji impak

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Komposisi

Tabel 4.1.1. Komposisi Paduan Aluminium

Nama Unsur	*Berat Paduan (%)*
Aluminium (Al)	76,09
Ferro (Fe)	0,31
Magnesium (Mg)	0,25
Copper (Cu)	0,11
Zinc (Zn)	14,97
Silicon (Si)	0,00

4.2. Pengujian Tarik

4.2.1. Kondisi Awal

Tabel 4.2.1a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D (mm)*	*L (mm)*
6	6,5	35
7	6,4	35
8	6,4	35
9	6,4	35
10	6,4	35
Rata-rata	**6,42**	**35**

Dimana :

D = *Diameter sebelum dikorosi*

L = *Panjang ukur semula*

Dalam perhitungan pengujian tarik ini menggunakan rumus-rumus sebagai berikut untuk mencari :

a. Luas Penampang : $A = \frac{\pi \times d_0^{\,2}}{4}$ (mm^2)

b. Regangan : $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\%$ $(\%)$

c. Kontraksi : $\gamma = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \times 100\%$ $(\%)$

d. Tegangan Tarik : $\sigma_t = \frac{Ft}{A}$ (kg/mm^2)

e. Tegangan patah : $\sigma_b = \frac{Fb}{A}$ (kg/mm^2)

f. Tegangan Luluh : $\sigma_y = \frac{Fy}{A}$ (kg/mm^2)

Tabel 4.2.1b. Data hasil pengujian

Spesimen	*d1 (mm)*	*ΔL (mm)*	*Ft (kg)*	*Fb (kg)*	*Fy (kg)*
6	4,5	6,1	623,3	415,9	457,07
7	4,8	5,6	633	416,6	482,5
8	4,2	6,0	612,7	411,7	447,4
9	4,6	5,9	627,8	403,5	517,4
10	4,7	5,7	617,8	400,8	500,4

Dimana :

d1 = *Diameter sesudah patah*

Δl = *Pertambahan panjang*

Ft = *Beban maksimum*

Fb = *Beban patah*

Fy = *Beban luluh*

Setelah dapat nilai rata-rata dari data hasil perhitungan, dapat juga dicari nilai penyimpangan atau deviasi dari masing-masing data. Deviasi standar yang digunakan merupakan deviasi standar tak doyong (*unbiased standard deviation*) atau deviasi standar sampel (*sample standard deviation*), karena sampel yang digunakan berjumlah kecil. Deviasi standar (*standar deviation*) atau deviasi akar purata kuadrat (*root mean square deviation*) didefinisikan sebagai:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_m)^{1/2}}{n-1}$$

Tabel 4.2.1c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
6	33,1	17,4	30,7	18,7	12,5	13,7
7	32,1	16,8	25,0	19,6	12,9	15,0
8	32,1	17,1	34,3	19,0	12,8	13,9
9	32,1	16,0	28,1	19,5	12,5	16,0
10	32,1	16,2	26,5	19,2	12,4	15,5
Rata-rata	**32,1**	**16,7**	**28,9**	**19,2**	**12,6**	**14,8**
Standar Deviasi				**0,33**	**0,19**	**0,89**

4.2.2. Perhitungan Normalising

Tabel 4.2.2. Data hasil pengujian

Spesimen	*D* (mm)	*d1* (mm)	*L* (mm)	*ΔL* (mm)	*Ft* (kg)	*Fb* (kg)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	*ε* (%)
1	8	4,85	40	8,2	778,2	576,7	15,49	11,47	20,5
2	8	5,10	40	8,8	693,8	416,2	13,81	8,28	22
Rata-rata					**736**	**496,45**	**14,65**	**9,88**	**21,3**

4.2.3. Perhitungan Aging 1 jam

Tabel 4.2.3a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D (mm)*	*L (mm)*
1	6,45	35
2	6,45	35
3	6,5	35
4	6,5	35
5	6,5	35
Rata-rata	**6,48**	**35**

Tabel 4.2.3b. Data hasil pengujian

Spesimen	*d1 (mm)*	*ΔL (mm)*	*Ft (kg)*	*Fb (kg)*	*Fy (kg)*
1	3,85	9,1	394,5	276,15	181,47
2	3,9	9,1	465,8	314,361	213,49
3	4	9,2	492,2	372,38	206,43
4	4,05	8,1	470,3	340,96	199,87
5	3,9	8,9	447,4	282,56	196,22

Tabel 4.2.3c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
1	32,67	26	180,67	12,07	8,45	5,55
2	32,67	26	173,61	14,25	9,622	6,53
3	33,18	26,28	164,17	14,83	11,22	6,22
4	33,18	23,14	157,60	14,17	10,27	6,02
5	33,18	25,42	177,88	13,48	8,51	5,91
Rata-rata	**32,97**	**24.95**	**166.55**	**13,76**	**9,61**	**6,05**
Standar Deviasi				**1,06**	**1,18**	**0,36**

4.2.4. Perhitungan Aging $5^1/_2$ jam

Tabel 4.2.4a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D (mm)*	*L (mm)*
1	6,5	35
2	6,5	35
3	6,5	35
4	6,5	35
5	6,45	35
Rata-rata	**6,49**	**35**

Tabel 4.2.4b. Data hasil pengujian

Spesimen	*d1* (mm)	*ΔL* (mm)	*Ft* (kg)	*Fb* (kg)	*Fy* (kg)
1	3,7	9	494,7	348,26	209,75
2	3,8	8,5	468,0	337,11	198,30
3	3,8	8,7	470,7	312,48	193,81
4	3,7	8,7	488,6	346,74	200,9
5	3,7	8,9	487,1	348,49	198

Tabel 4.2.4c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
1	33,18	25,71	208,65	14,90	10,49	6,32
2	33,18	24,28	192,59	14,10	10,16	5,97
3	33,18	24,85	192,59	14,18	9,41	5,84
4	33,18	24,85	208,65	14,72	10,45	6,05
5	32,67	25,42	203,91	14,90	10,66	6,06
Rata-rata	**33,07**	**25.04**	**201.72**	**14,56**	**10,23**	**6,05**
Standar Deviasi				**0,39**	**0,49**	**0,18**

4.2.5. Perhitungan Aging 10 jam

Tabel 4.2.5a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D* (mm)	*L* (mm)
1	6,45	35
2	6,4	35
3	6,4	35
Rata-rata	**6,49**	**35**

Tabel 4.2.5b. Data hasil pengujian

Spesimen	*d1* (mm)	*ΔL* (mm)	*Ft* (kg)	*Fb* (kg)	*Fy* (kg)
1	3,9	9,0	474,6	339,6	215,72
2	4	8,65	437,9	299,5	228,8
3	4,1	9,4	467,3	338,8	215,97

Tabel 4.2.5c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
1	32,62	25,71	173,19	14,55	10,41	6,61
2	32,16	24,71	156,05	13,62	9,31	7,11
3	32,16	26,85	143,63	14,53	10,53	6,71
Rata-rata	**32,31**	**25.76**	**157.62**	**14,23**	**10,08**	**6,81**
Standar Deviasi				**0,53**	**0,67**	**0,26**

4.2.6. Perhitungan Aging 1 jam, Kadar NaOH 15%

Tabel 4.2.6a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D* (*mm*)	*do* (*mm*)	*L* (*mm*)
1	6,45	5,6	35
2	6,45	5,75	35
3	6,45	5,7	35
4	6,45	5,8	35
5	6,47	5,7	35
Rata-rata	**6,454**	**5,71**	**35**

Dimana : do = Diameter sesudah dikorosi

Tabel 4.2.6b. Data hasil pengujian

Spesimen	*D1* (*mm*)	*ΔL* (*mm*)	*Ft* (*kg*)	*Fb* (*kg*)	*Fy* (*kg*)
1	3,25	9,0	323,3	213,7	157,6
2	3,35	8,8	348,9	246,2	165,5
3	3,1	8,8	337,5	216,8	150,8
4	3,3	9,5	383,1	279,0	177,2
5	3,25	7,8	307,9	205,0	153,9

Tabel 4.2.6c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
1	24,6	25,7	13,17	13,1	8,6	6,4
2	25,9	25,1	10,85	13,4	9,5	6,3
3	25,5	25,1	11,62	13,2	8,5	5,9
4	26,4	27,1	10,07	14,5	10,5	6,7
5	25,5	22,2	11,62	12,1	8,0	6,0
Rata-rata	**25,5**	**25,04**	**11,46**	**13,26**	**9,02**	**6,26**
Standar Deviasi				**0,77**	**0,88**	**0,29**

4.2.7. Perhitungan Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaOH 15%

Tabel 4.2.7a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D (mm)*	*do (mm)*	*L (mm)*
1	6,45	5,75	35
2	6,49	5,7	35
3	6,49	5,8	35
4	6,45	5,8	35
5	6,45	5,7	35
Rata-rata	**6,46**	**5,75**	**35**

Tabel 4.2.7b. Data hasil pengujian

Spesimen	*D1 (mm)*	*ΔL (mm)*	*Ft (kg)*	*Fb (kg)*	*Fy (kg)*
1	3,25	8,3	351,9	232,1	177,9
2	3,05	9,1	303,7	203,3	166,2
3	3,2	9,1	331,0	223,4	161,5
4	3,25	9,3	375,8	266,9	169,8
5	3,15	8,6	344,1	222,7	171,2

Tabel 4.2.7c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A (mm^2)*	*ε (%)*	*γ (%)*	*σ_t (kg/mm^2)*	*σ_b (kg/mm^2)*	*σ_y (kg/mm^2)*
1	25,9	23,7	43,4	13,5	8,9	6,8
2	25,5	26	46,4	11,6	7,9	6,5
3	26,4	26	44,8	12,5	8,4	6,1
4	26,4	26,5	43,9	14,2	10,1	6,4
5	25,5	24,5	44,7	13,4	8,7	6,7
Rata-rata	**25,9**	**25,34**	**44,64**	**13,1**	**8,8**	**6,5**
Standar Deviasi				**0,90**	**0,73**	**0,24**

4.2.8. Perhitungan Aging 10 jam, Kadar NaOH 15%

Tabel 4.2.8a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D (mm)*	*do (mm)*	*L (mm)*
1	6,5	5,9	35
2	6,45	5,7	35
Rata-rata	**6,47**	**5,8**	**35**

Tabel 4.2.8b. Data hasil pengujian

Spesimen	*d1 (mm)*	*ΔL (mm)*	*Ft (Kg)*	*Fb (kg)*	*Fy (kg)*
1	3,4	8,9	387,5	277,3	175,3
2	3,2	8,1	333,3	277,3	171,2

Tabel 4.2.8c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
1	27,3	25,4	42,3	14,1	10,1	6,4
2	25,5	23,1	43,8	13,0	8,9	6,7
Rata-rata	**26,4**	**24,25**	**43,05**	**13,55**	**9,5**	**6,55**
Standar Deviasi				**0,55**	**0,6**	**0,15**

4.2.9. Perhitungan Aging 1 jam, Kadar NaOH 20%

Tabel 4.2.9a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D (mm)*	*do (mm)*	*L (mm)*
1	6,45	5,15	35
2	6,5	5,3	35
3	6,5	5,55	35
4	6,49	5,3	35
5	6,5	5,3	35
Rata-rata	**6,48**	**5,32**	**35**

Tabel 4.2.9b. Data hasil pengujian

Spesimen	*d1 (mm)*	*ΔL (mm)*	*Ft (kg)*	*Fb (kg)*	*Fy (kg)*
1	2,9	9,0	246,6	156,2	125,4
2	3,0	8,6	282,8	187,7	129,3
3	3,3	8,5	345,6	250,2	164,6
4	2,9	7,7	290,9	198,4	132,1
5	2,8	7,8	283,9	191,1	141,8

Tabel 4.2.9c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
1	20,8	25,7	20,15	11,8	7,5	6,0
2	22,1	24,5	18,4	12,7	8,4	5,8
3	24,1	24,2	14,6	14,3	10,3	6,8
4	22,1	22,0	18,33	13,1	8,9	5,9
5	22,1	22,2	18,4	12,8	8,6	6,4
Rata-rata	**22,2**	**23,72**	**17,9**	**12,94**	**8,74**	**6,18**
Standar Deviasi				**0,81**	**0,91**	**0,37**

4.2.10. Perhitungan Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaoH 20%

Tabel 4.2.10a. Data bahan pengujian

Spesimen	*D* (*mm*)	*do* (*mm*)	*L* (*mm*)
1	6,46	5,15	35
2	6,46	5,15	35
3	6,46	5,55	35
4	6,46	5,45	35
5	6,46	5,15	35
Rata-rata	**6,46**	**5,29**	**35**

Tabel 4.2.10b. Data hasil pengujian

Spesimen	*D1* (*mm*)	*ΔL* (*mm*)	*Ft* (*kg*)	*Fb* (*kg*)	*Fy* (*kg*)
1	2,8	8,3	237,5	151,2	110,5
2	2,9	8,8	254,3	162,1	122,7
3	3,2	8,6	338,3	241,1	155,2
4	2,9	8,0	314,2	212,8	166,7
5	3,0	8,2	249,9	164,9	122,7

Tabel 4.2.10c. Data hasil perhitungan

Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
1	20,8	23,7	45,6	11,4	7,2	5,3
2	20,8	25,1	43,6	12,2	7,7	5,8
3	24,1	24,5	42,6	14,0	10,0	6,4
4	23,3	22,8	46,7	13,4	9,1	7,1
5	20,8	23,4	41,7	12,0	7,9	5,8
Rata-rata	**21,9**	**23,9**	**44,04**	**12,6**	**8,38**	**6,08**
Standar Deviasi				**0,95**	**1,02**	**0,62**

4.2.11. Perhitungan Aging 10 jam, Kadar NaOH 20%

Tabel 4.2.11a. Data bahan pengujian

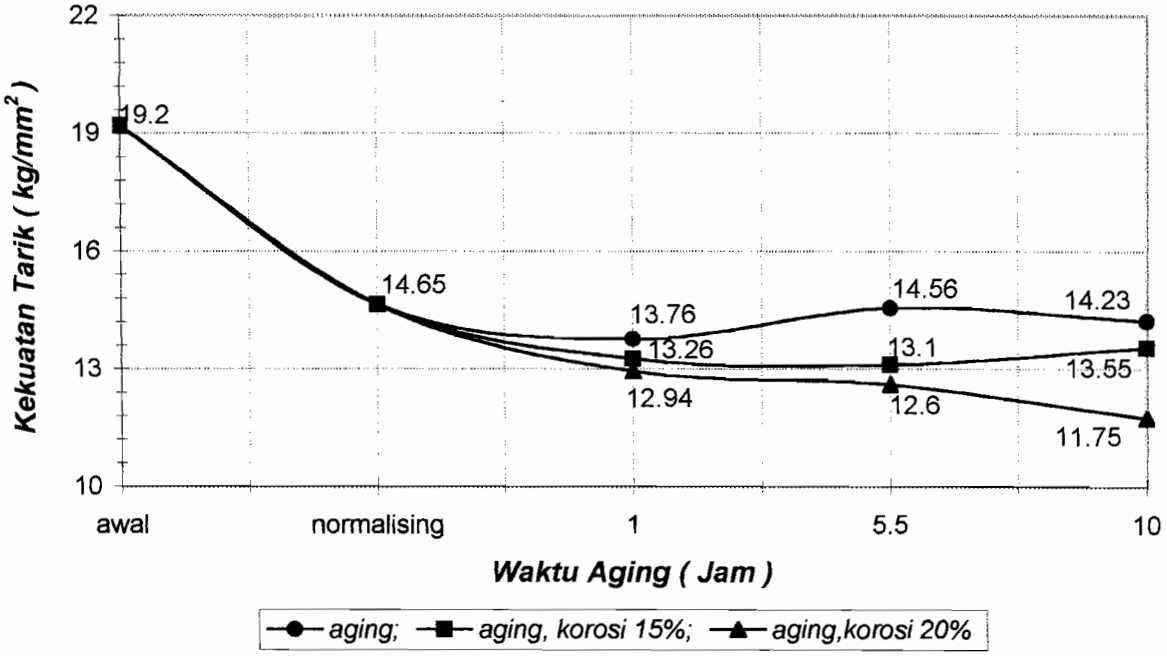
Spesimen	*D (mm)*	*do (mm)*	*L (mm)*
1	6,45	5,15	35
2	6,49	5,2	35
Rata-rata	**6,47**	**5,18**	**35**

Tabel 4.2.11b. Data hasil pengujian

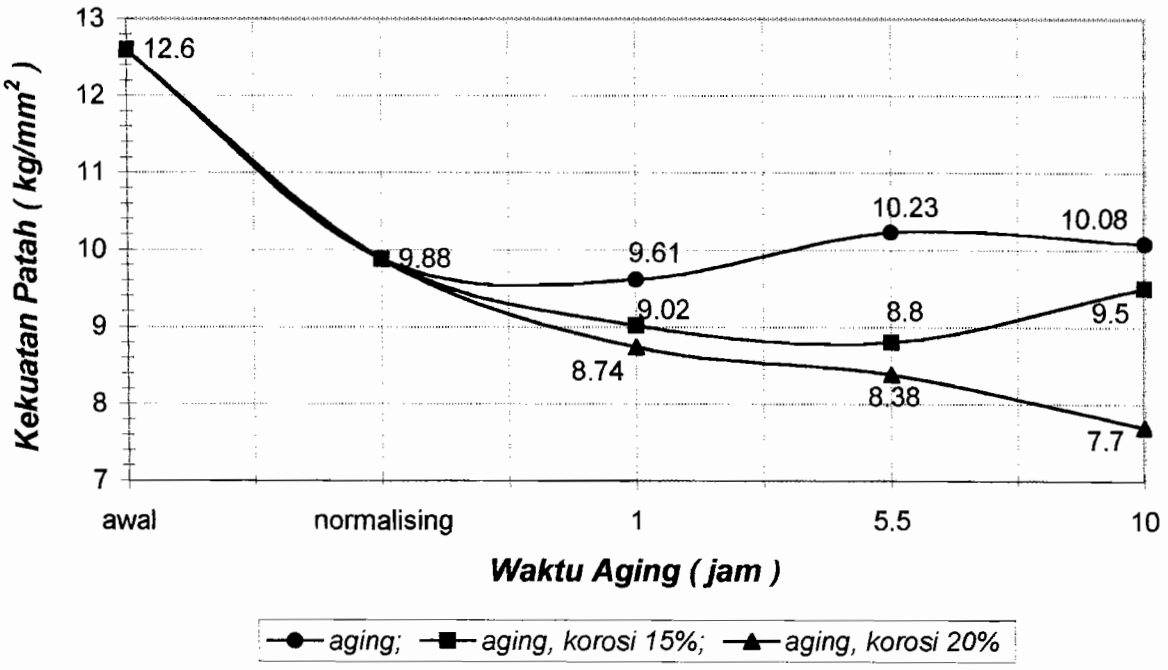
Spesimen	*dl (mm)*	*ΔL (mm)*	*Ft (kg)*	*Fb (kg)*	*Fy (kg)*
1	2,85	8,0	249,3	162,4	128,3
2	2,75	8,6	246,6	161,7	121,2

Tabel 4.2.11c. Data hasil perhitungan

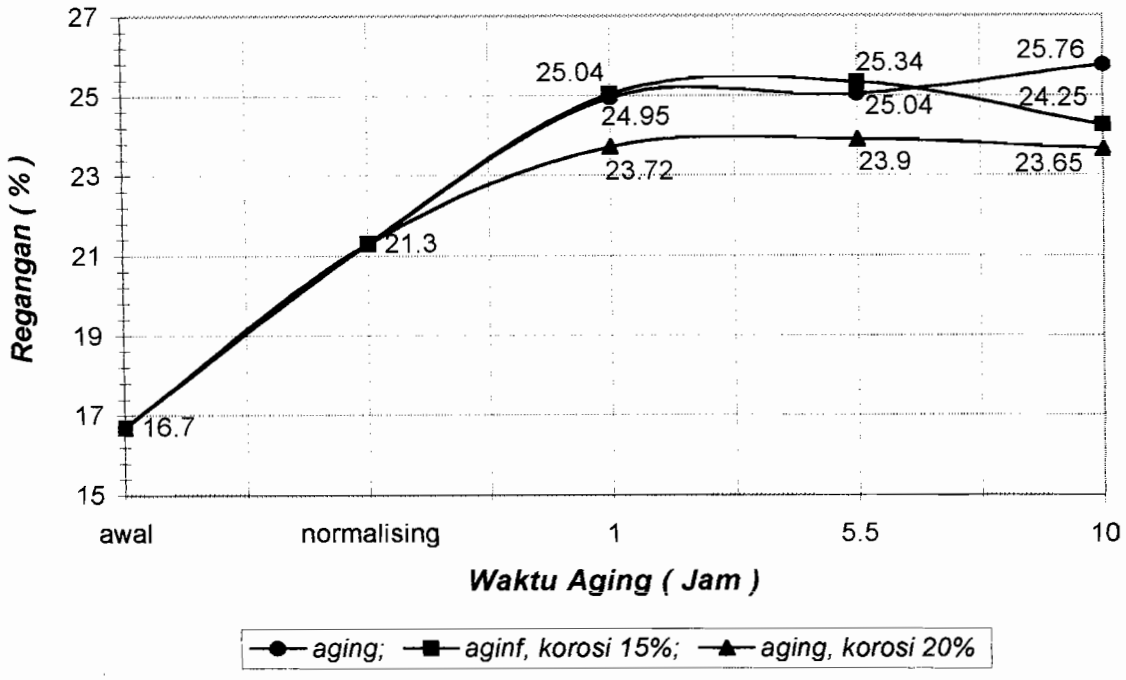
Spesimen	*A* (mm^2)	*ε* (%)	*γ* (%)	σ_t (kg/mm^2)	σ_b (kg/mm^2)	σ_y (kg/mm^2)
1	20,8	22,8	44,6	11,9	7,8	6,1
2	21,2	24,5	47,1	11,6	7,6	5,7
Rata-rata	**21**	**23,65**	**45,85**	**11,75**	**7,7**	**5,9**
Standar Deviasi				**0,15**	**0,1**	**0,2**



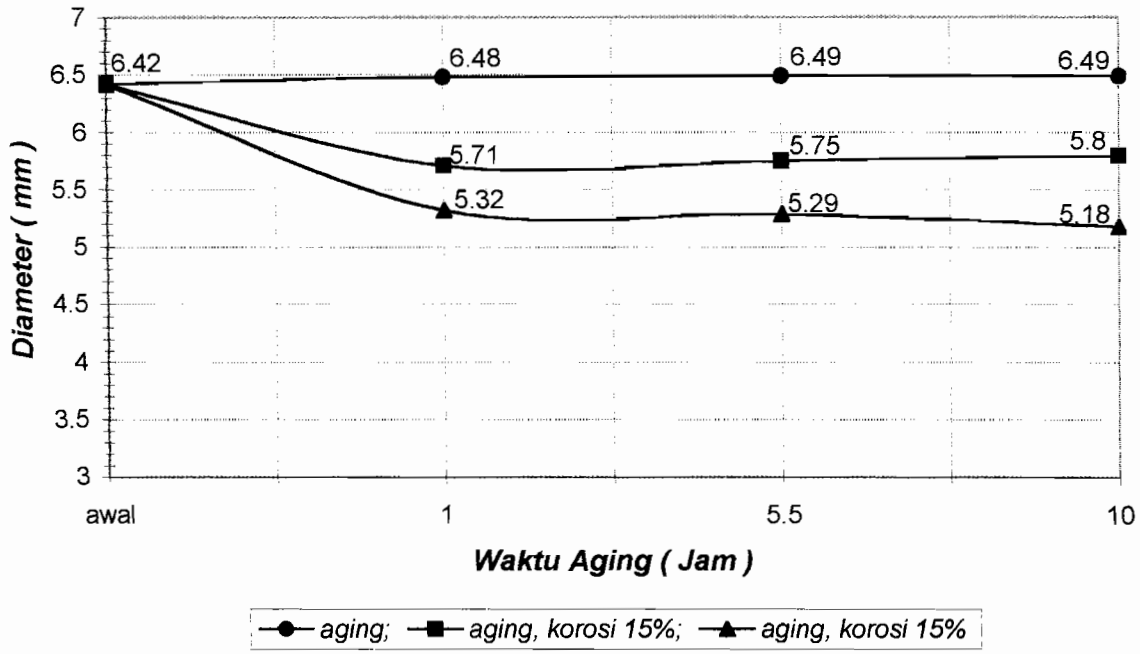
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Kekuatan Tarik vs Waktu Aging
(Sampel Uji Awal dan Sampel Uji Aging, Sampel Uji Aging, Korosi 15% & 20%)



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Kekuatan Patah vs Waktu Aging
(Sampel Uji Awal dan Sampel Uji Aging, Sampel Uji Aging, Korosi 15% & 20%)



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Regangan vs Waktu Aging
(Sampel Uji Awal dan Sampel Uji Aging, Sampel Uji Aging, Korosi 15% & 20%)



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Diameter vs Waktu Aging
(Sampel Uji Awal dan Sampel Uji Aging, Sampel Uji Aging, Korosi 15% & 20%)

Pembahasan :

Hasil pengujian tarik dengan bahan aluminium yang berunsur Al: 76,09%, Zn: 14,97%, Fe: 0,31%, Mg: 0,25%, Cu: 0,11%, Si: 0,00%, menunjukkan terjadi perubahan sifat mekanis pada sampel uji dari sampel uji normal sampai proses perlakuan aging sesuai dengan variasi lama aging dari 1 jam, 5,5 jam, 10 jam dan dikorosi dengan larutan NaOH 15% dan 20%, untuk kekuatan tarik dan kekuatan patah terjadi penurunan dari kondisi awal, sedangkan untuk regangan meningkat dari kondisi awal.

Penurunan nilai kekuatan tarik dan kekuatan patah disebabkan oleh perlakuan aging dan dicelupkan ke dalam larutan NaOH yang mengikis aluminium sehingga diameter spesimen berkurang. Regangan tidak mengalami penurunan karena nilai regangan tidak dipengaruhi oleh penurunan ukuran diameter akibat korosi larutan NaOH, melainkan dipengaruhi oleh perlakuan aging yang diberikan.

Semakin tinggi kadar larutan NaOH, maka ukuran spesimen semakin menurun atau permukaan spesimen semakin tinggi kerusakannya. Basa merupakan suatu zat yang bila dilarutkan dalam air berdisosiasi menghasilkan ion hidroksil (OH^-) sebagai satu-satunya ion negatif.

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

Pada reaksi kimia dibawah ini dapat dilihat hasil korosi yang terjadi antara aluminium dengan NaOH:

$$Al + 3NaOH \longrightarrow Al(OH)_3 + Na$$

4.3 PENGUJIAN IMPAK

Tabel 4.3.1. Data Hasil Penelitian

Kondisi Spesimen tanpa korosi

	Kondisi Awal		Aging 1 Jam		Aging 5½ Jam		Aging 10 Jam	
Benda Uji	**Tebal (mm)**	**Lebar (mm)**	**Tebal (mm)**	**Lebar (mm)**	**Tebal (mm)**	**Lebar (mm)**	**Tebal (mm)**	**Lebar (mm)**
1	5,05	5,8	4,5	4,9	4,6	4,8	4,5	5
2	5	6	4,4	5	4,7	4,9	4,8	4,9
3	5,05	5,65	4,45	4,95	4,5	4,8	4,6	4,8
4	5,2	5,9	-	-	-	-	-	-
5	5	5,8	-	-	-	-	-	

Dalam perhitungan pengujian impak ini menggunakan rumus-rumus sebagai berikut untuk mencari :

Keliatan bahan = $\frac{W}{A} Joule / mm^2$

Dengan :

W = Tenaga patah *(Joule)*

= $G \times R \times g \times (\cos \beta - \cos \alpha)$ *(Joule)*

G = Berat bandul = 1,357 *(kg)*

R = Panjang lengan pemukul = 0,3948 *(m)*

g = Gravitasi = 9,81

A = Luas penampang patahan *(mm^2)*

α = Sudut bebas pemukul tanpa spesimen

= 146,5 °

4.3.2. Perhitungan Kondisi Awal

Tabel 4.3.2. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α (°)*	*β (°)*	*Luas penampang (mm^2)*	*Tenaga Patah (Joule)*	*Harga Keuletan (Joule/mm^2)*
1	146,5	93	29,29	4,103	0,140
2	146,5	93	30	4,103	0,136
3	146,5	96	28,53	3,829	0,134
4	146,5	95	30,68	3,920	0,127
5	146,5	96	29	3,829	0,132
Rata – rata				**3,96**	**0,13**
Standar Deviasi				**0,12**	**0,04**

4.3.3. Perhitungan Kondisi Aging 1 Jam

Tabel 4.3.3. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α (°)*	*β (°)*	*Luas penampang (mm²)*	*Tenaga Patah (Joule)*	*Harga Keuletan (Joule/mm²)*
1	146,5	44	22,05	8,1548	0,3698
2	146,5	39	22	8,458	0,3844
3	146,5	57	22,03	7,237	0,3285
Rata – rata				**7,95**	**0,36**
Standar Deviasi				**0,52**	**0,02**

4.3.4. Perhitungan Kondisi Aging $5^1/_2$ Jam

Tabel 4.3.4. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α (°)*	*β (°)*	*Luas penampang (mm²)*	*Tenaga Patah (Joule)*	*Harga Keuletan (Joule/mm²)*
1	146,5	34	22,08	8,73	0,395
2	146,5	54	23,03	7,464	0,324
3	146,5	47	21,6	7,958	0,3684
Rata – rata				**8,05**	**0,36**
Standar Deviasi				**0,52**	**0,03**

4.3.5. Perhitungan Kondisi Aging 10 Jam

Tabel 4.3.5. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α (°)*	*β (°)*	*Luas penampang (mm²)*	*Tenaga Patah (Joule)*	*Harga Keuletan (Joule/mm²)*
1	146,5	38	22,5	8,515	0,378
2	146,5	42	23,52	8,280	0,352
3	146,5	36	22,08	8,626	0,391
Rata – rata				**8,47**	**0,37**
Standar Deviasi				**0,14**	**0,02**

4.3.6. Perhitungan Aging 1 Jam, Kadar NaOH 15%

Tabel 4.3.6a. Data bahan pengujian

Spesimen	*Tebal (mm)*		*Lebar (mm)*	
	Sebelum	*Sesudah*	*Sebelum*	*Sesudah*
1	4,95	4,2	4,65	3,55
2	4,92	4,1	4,5	3,45
3	4,95	4,1	4,7	3,6

Tabel 4.3.6b. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α* (°)	*β* (°)	*Luas penampang* (mm^2)	*Tenaga Patah* (*Joule*)	*Harga Keuletan* (*Joule/*mm^2)
1	146,5	60	14,91	7,0	0,46
2	146,5	70	14,14	6,1	0,43
3	146,5	66,8	14,76	6,4	0,43
Rata – rata				**6.5**	**0.44**
Standar Deviasi				**0.37**	**0.01**

4.3.7. Perhitungan Aging $5^1/_2$ Jam, Kadar NaOH 15%

Tabel 4.3.7a. Data bahan pengujian

Spesimen	*Tebal (mm)*		*Lebar (mm)*	
	Sebelum	*Sesudah*	*Sebelum*	*Sesudah*
1	4,85	4,3	4,6	3,5
2	4,8	4,3	4,5	3,6
3	4,75	4,1	4,5	3,5

Tabel 4.3.7b. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α* (°)	*β* (°)	*Luas penampang* (mm^2)	*Tenaga Patah* (*Joule*)	*Harga Keuletan* (*Joule/*mm^2)
1	146,5	50	15,05	7,7	0,51
2	146,5	55	15,48	7,3	0,47
3	146,5	69	14,35	6,2	0,43
Rata – rata				**7.07**	**0.47**
Standar Deviasi				**0.63**	**0.03**

4.3.8. Perhitungan Aging 10 Jam, Kadar NaOH 15%

Tabel 4.3.8a. Data bahan pengujian

Spesimen	*Tebal (mm)*		*Lebar (mm)*	
	Sebelum	*Sesudah*	*Sebelum*	*Sesudah*
1	4,95	4,17	4,8	3,57
2	4,95	4,15	4,8	3,85
3	4,6	3,95	4,8	3,65

Tabel 4.3.8b. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α* (°)	*β* (°)	*Luas penampang* (mm^2)	*Tenaga Patah* (*Joule*)	*Harga Keuletan* (*Joule/*mm^2)
1	146,5	62	14,8	6,8	0,45
2	146,5	61	15,9	6,9	0,43
3	146,5	72	14,4	6,0	0,41
Rata – rata				**6.57**	**0.43**
Standar Deviasi				**0.40**	**0.02**

4.3.9. Perhitungan Aging 1 jam, Kadar NaOH 20%

Tabel 4.3.9a. Data bahan pengujian

Spesimen	*Tebal (mm)*		*Lebar (mm)*	
	Sebelum	*Sesudah*	*Sebelum*	*Sesudah*
1	4,95	3,95	4,7	3,9
2	4,75	3,9	4,7	3,55
3	4,9	3,85	4,45	3,45

Tabel 4.3.9b. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α* (°)	*β* (°)	*Luas penampang* (mm^2)	*Tenaga Patah* (*Joule*)	*Harga Keuletan* (*Joule/*mm^2)
1	146,5	76	15,4	5,6	0,36
2	146,5	77	13,8	5,5	0,39
3	146,5	82	13,2	5,1	0,38
Rata – rata				**5.40**	**0.38**
Standar Deviasi				**0.22**	**0.01**

4.3.10. Perhitungan Aging $5^1/_2$ jam, Kadar NaOH 20%

Tabel 4.3.10a. Data bahan pengujian

Spesimen	*Tebal (mm)*		*Lebar (mm)*	
	Sebelum	*Sesudah*	*Sebelum*	*Sesudah*
1	5,15	3,9	4,5	3,45
2	5	3,8	4,5	3,45
3	5,1	3,89	4,6	3,55

Tabel 4.3.10b. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α (°)*	*β (°)*	*Luas penampang (mm^2)*	*Tenaga Patah (Joule)*	*Harga Keuletan ($Joule/mm^2$)*
1	146,5	76	13,4	5,6	0,41
2	146,5	79	13,1	5,3	0,40
3	146,5	78	13,8	5,4	0,39
Rata – rata				**5.43**	**0.40**
Standar Deviasi				**0.12**	**0.01**

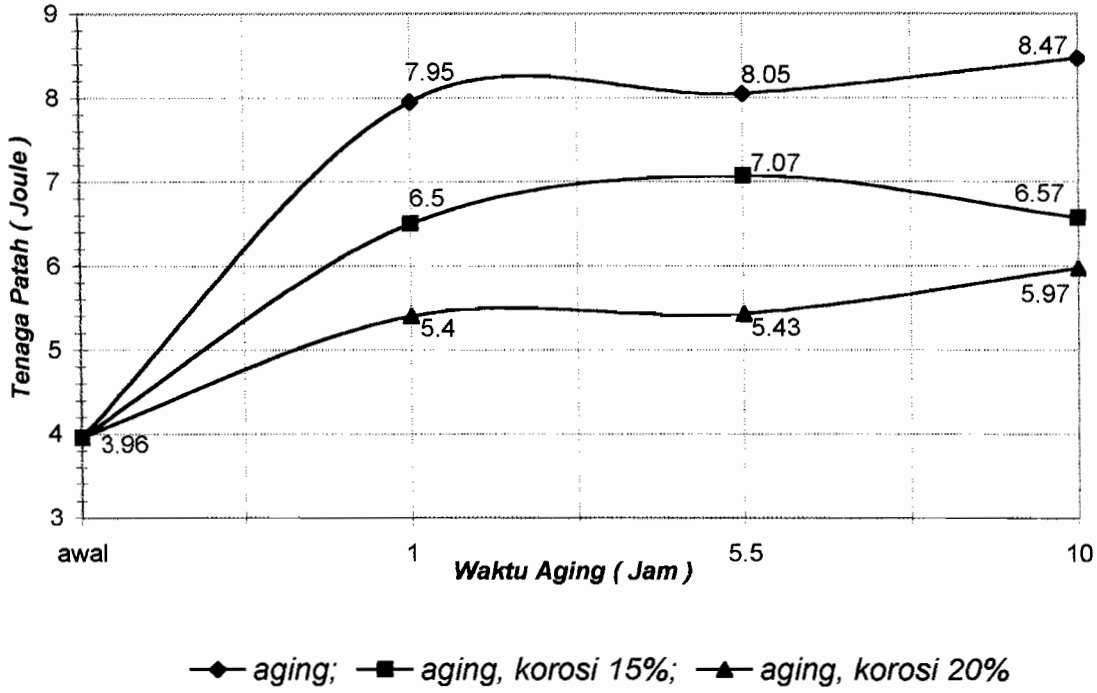
4.3.11. Perhitungan Aging 10 jam, Kadar NaOH 20%

Tabel 4.3.11a. Data bahan pengujian

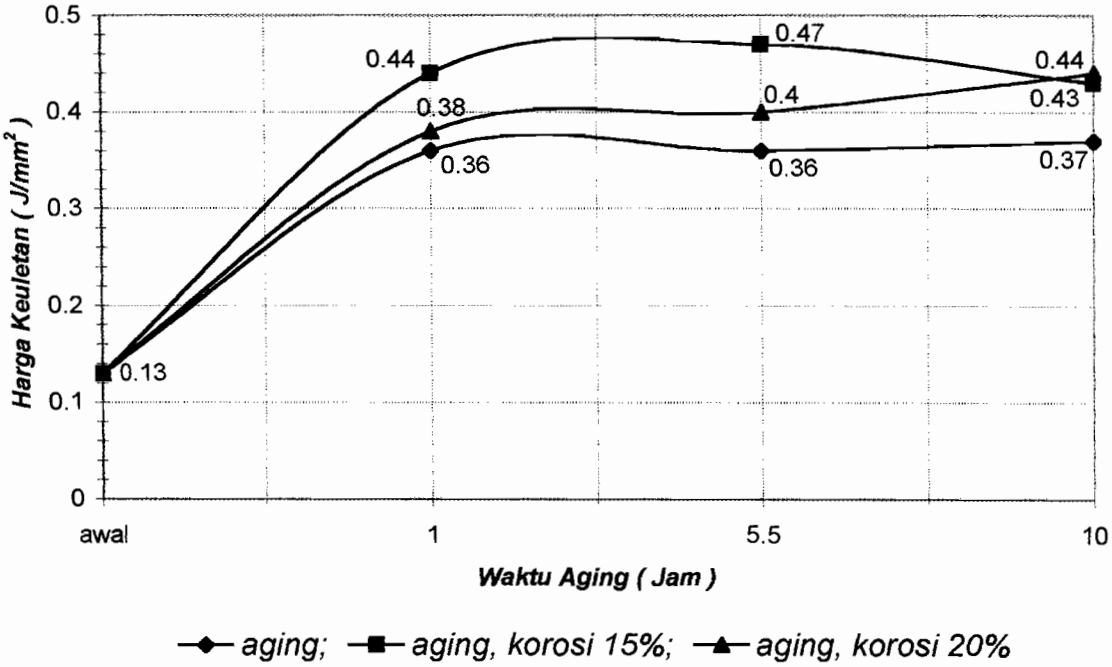
Spesimen	*Tebal (mm)*		*Lebar (mm)*	
	Sebelum	*Sesudah*	*Sebelum*	*Sesudah*
1	5,1	3,9	4,9	3,55
2	4,95	3,85	4,9	3,45
3	4,9	3,9	4,5	3,3

Tabel 4.3.11b. Data hasil perhitungan

Spesimen	*α (°)*	*β (°)*	*Luas penampang (mm^2)*	*Tenaga Patah (Joule)*	*Harga Keuletan ($Joule/mm^2$)*
1	146,5	69	13,8	6,2	0,44
2	146,5	75	13,2	5,7	0,43
3	146,5	71	12,8	6,0	0,46
Rata – rata				**5.97**	**0.44**
Standar Deviasi				**0.21**	**0.01**



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Tenaga Patah vs Waktu Aging
(Sampel Uji Awal dan Sampel Uji Aging, Sampel Uji Aging, Korosi 15% & 20%)



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Harga Keuletan vs Waktu Aging
(Sampel Uji Awal dan Sampel Uji Aging, Sampel Uji Aging, Korosi 15% & 20%)

Pembahasan :

Dari hasil pengujian impak dengan bahan aluminium yang berunsur Al : 76,09%, Zn : 14,97%, Fe : 0,31%, Mg : 0,25%, Cu : 0,11%, Si : 0,00%, menunjukkan terjadi perubahan sifat mekanis pada sampel uji dari sampel uji normal sampai proses perlakuan aging sesuai dengan variasi lama aging dari 1 jam, 5,5 jam, 10 jam dan dikorosi dengan larutan NaOH 15% dan 20%.

Nilai tenaga patah dan harga keuletan meningkat dibandingkan sampel uji dalam keadaan awal disini disebabkan sampel uji mendapatkan perlakuan aging yang memperbaiki keseragaman struktur pada sampel uji.

Peningkatan tenaga patah dan harga keuletan untuk sampel uji aging dan korosi NaOH 25% lebih banyak dibandingkan sampel uji aging dan korosi NaOH 30%, semakin tinggi kadar larutan NaOH, maka peningkatan tenaga patah dan harga keuletan semakin sedikit dari kondisi awal.

4.4. Pengujian Kekerasan

Tabel 4.4.1. Data hasil pengujian

Spesimen	*P (kg)*	*D (mm)*	*d1 (mm)*	*d2 (mm)*	*d3 (mm)*
1	125	5	1,25	1,31	1,29
2	125	5	1,3	1,31	1,31
3	125	5	1,31	1,53	1,35

Dalam perhitungan pengujian kekerasan ini untuk mencari harga kekerasan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut untuk mencari :

$$HB = \frac{\text{Gaya yang bekerja pada penetrator } (kg)}{\text{Luas penampang bekas injakan } (mm^2)}$$

$$HB = \frac{2P}{\pi \times D \times \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} \quad \left(\frac{kg}{mm^2}\right)$$

dimana :

P = gaya yang bekerja pada penetrator *(kg)*

D = diameter penetrator *(mm)*

d = diameter bekas injakan *(mm)*

Tabel 4.4.2. Data hasil perhitungan

Spesimen	*P (kg)*	*D (mm)*	d_{Rata}^2 *(mm)*	*BHN (kg/mm²)*
1	125	5	1,29	46,8
2	125	5	1,31	44,2
3	125	5	1,35	41,9
Rata – rata				**44,3**
Standar Deviasi				**2,0**

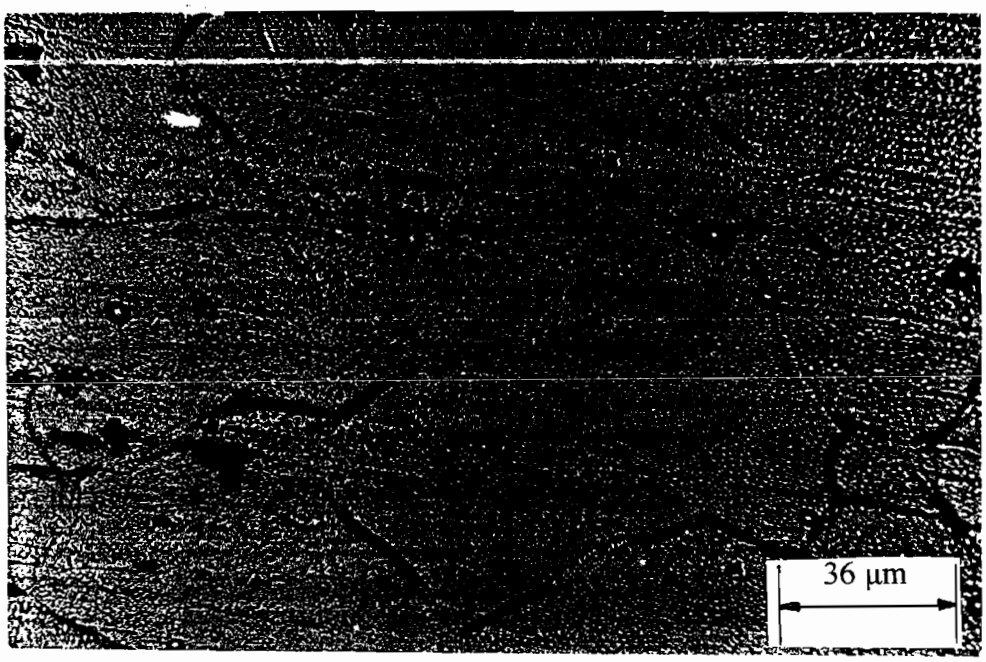
Pembahasan :

Setelah dilakukan pengujian kekerasan Brinell pada sampel uji sebanyak 3 buah pada kondisi awal didapatkan harga kekerasan rata-rata 44,3 kg/mm^2,untuk normalising mempunyai kekerasan 46,6 kg/mm^2

Pada penelitian ini pengujian kekerasan Brinell tidak dilakukan penelitian lebih lanjut, karena harga kekerasan aluminium hanya sebagai informasi awal untuk bahan penelitian pengujian tarik, pengujian impak, dan pengujian struktur mikro dan makro.

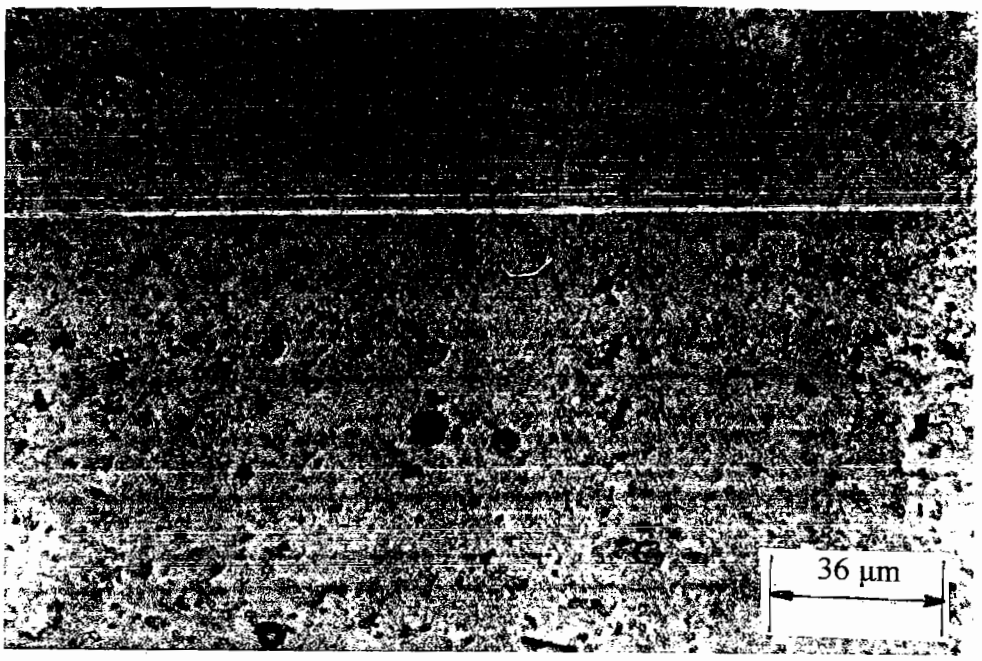
4.5. Pengujian Strukur Mikro

Hasil pemotretan struktur mikro pada spesimen awal dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

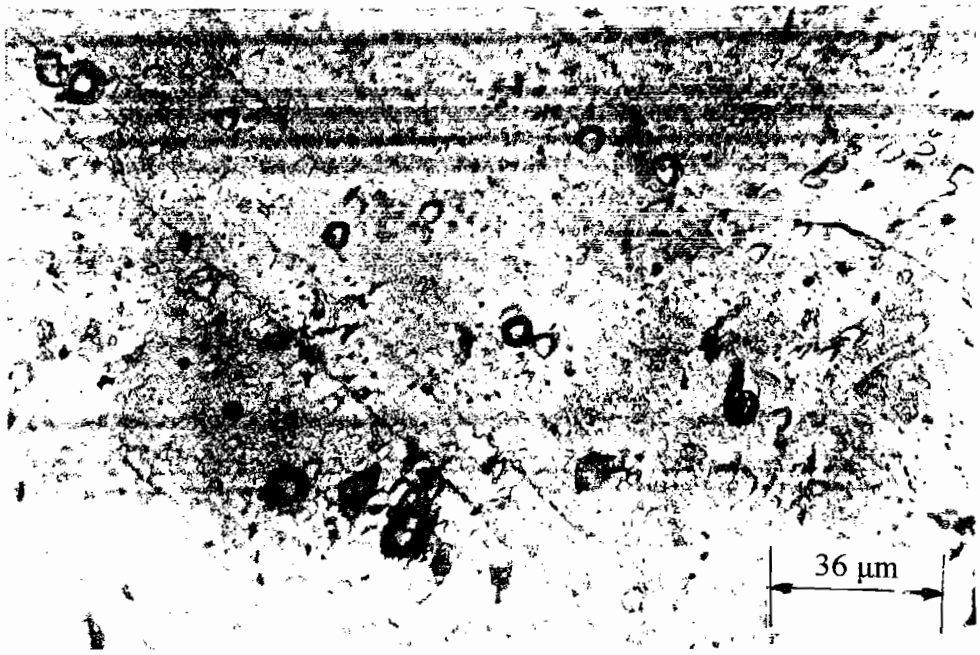


Gambar 4.7. Foto struktur mikro spesimen awal dengan perbesaran 400X

Gambar 4.8. Foto struktur mikro spesimen aging 1 jam dengan perbesaran 400X



Gambar 4.9. Foto struktur mikro spesimen aging $5^1/_2$ jam dengan perbesaran 400X



Gambar 4.10. Foto struktur mikro spesimen aging 10 jam dengan perbesaran 400X

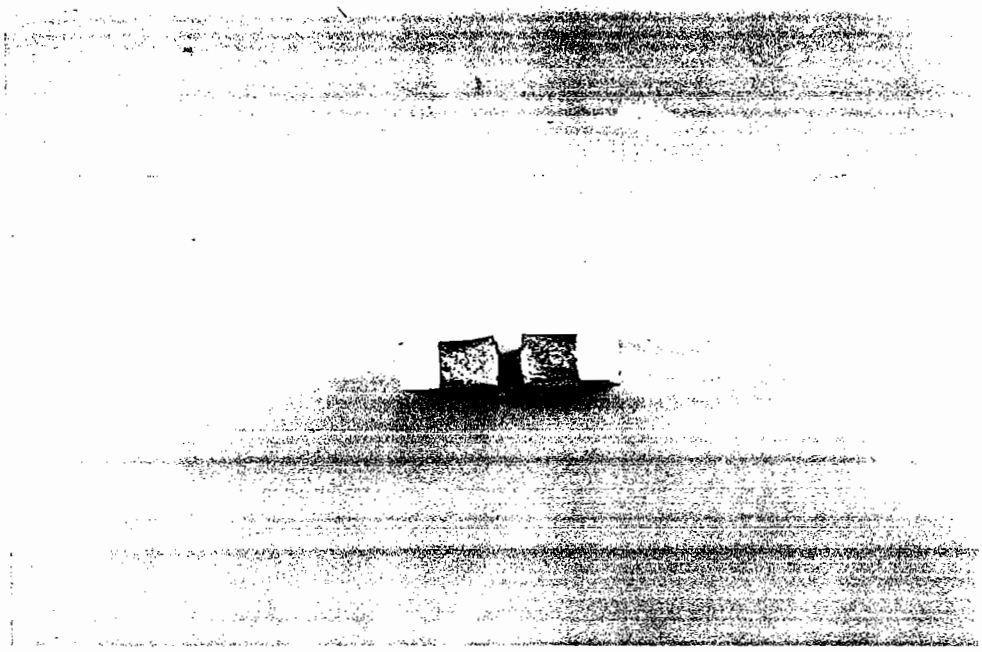
Pembahasan :

Dari Gambar 4.7. menunjukkan spesimen awal yang belum mengalami perlakuan panas dan terlihat unsur paduan utama yang sangat jelas, yaitu Zn .

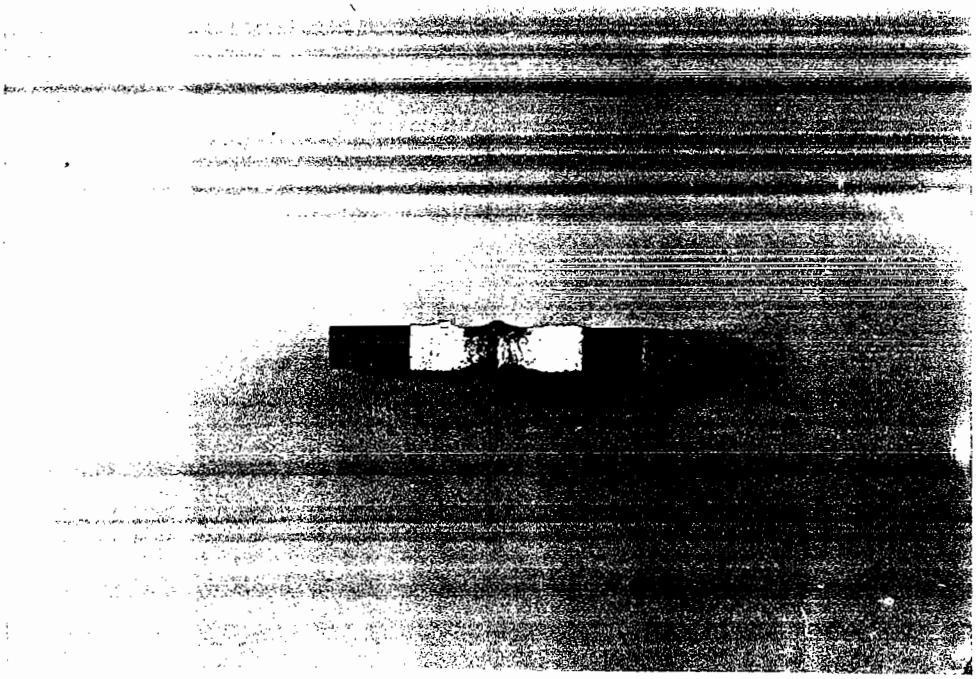
Dari gambar 4.8., Gambar 4.9., Gambar 4.10. terlihat bentuk struktur mikro berupa butiran-butiran lebih merata dibanding spesimen awal akibat perlakuan panas aging. Pada Gambar 4.9. terlihat bahwa struktur kristalnya lebih baik dari Gambar 4.10., perbedaan struktur kristal ini mempengaruhi kekuatan tariknya. Seperti pada Gambar 4.1. bahwa kekuatan tarik spesimen dengan pelakuan aging 5 jam lebih baik dibandingkan spesimen dengan pelakuan aging 10 jam, karena butiran kristal pada pelakuan aging 5 jam lebih merata dibandingkan spesimen dengan pelakuan aging 10 jam. Hal ini yang mempengaruhi sifat fisis dan mekanis benda uji dan terlihat benda uji menjadi ulet.

Pada teori aging mengatakan bahwa semakin lama keseragaman struktur akan semakin baik tetapi pada kenyataannya semakin lama waktu aging belum tentu keseragaman struktur meningkat, pada waktu tertentu keseragaman strukturnya akan menurun.

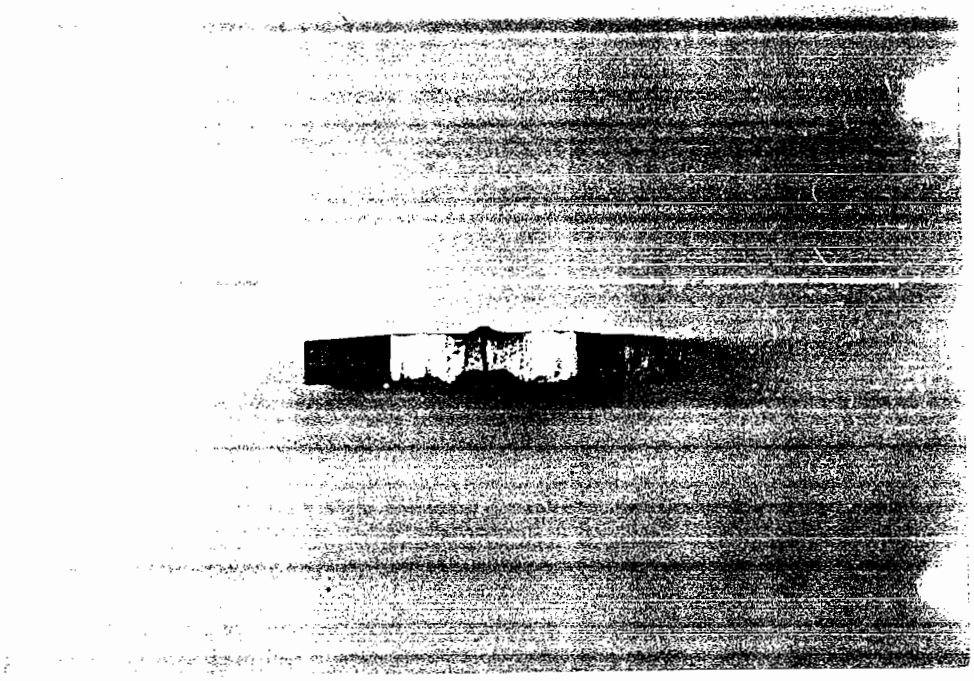
4.4 Pengujian Struktur Makro



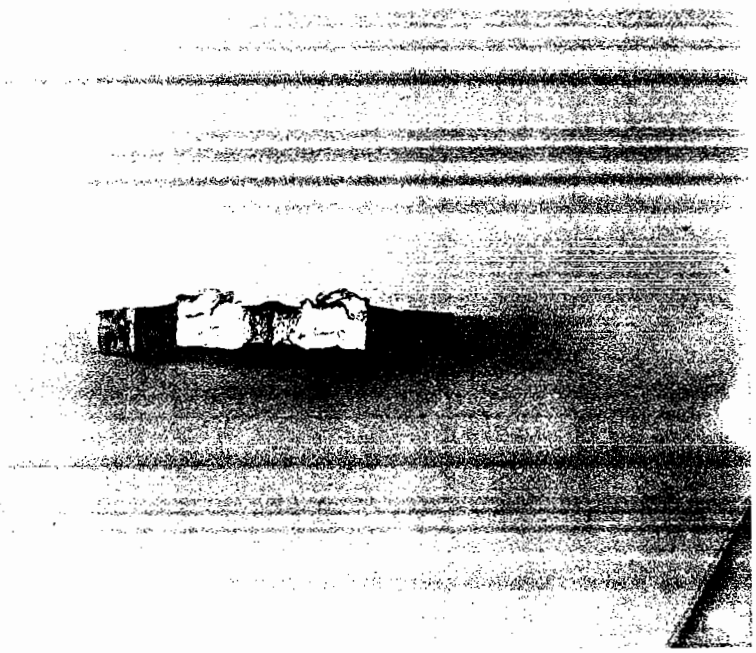
Gambar 4.11. Foto struktur makro spesimen awal 1



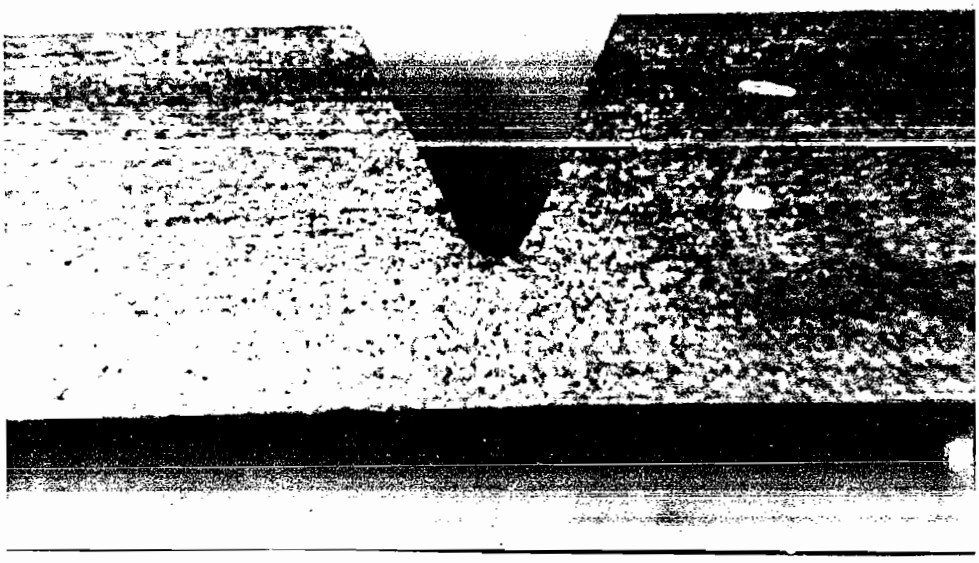
Gambar 4.12. Foto struktur makro spesimen awal 2



Gambar 4.13. Foto struktur makro spesimen awal 3

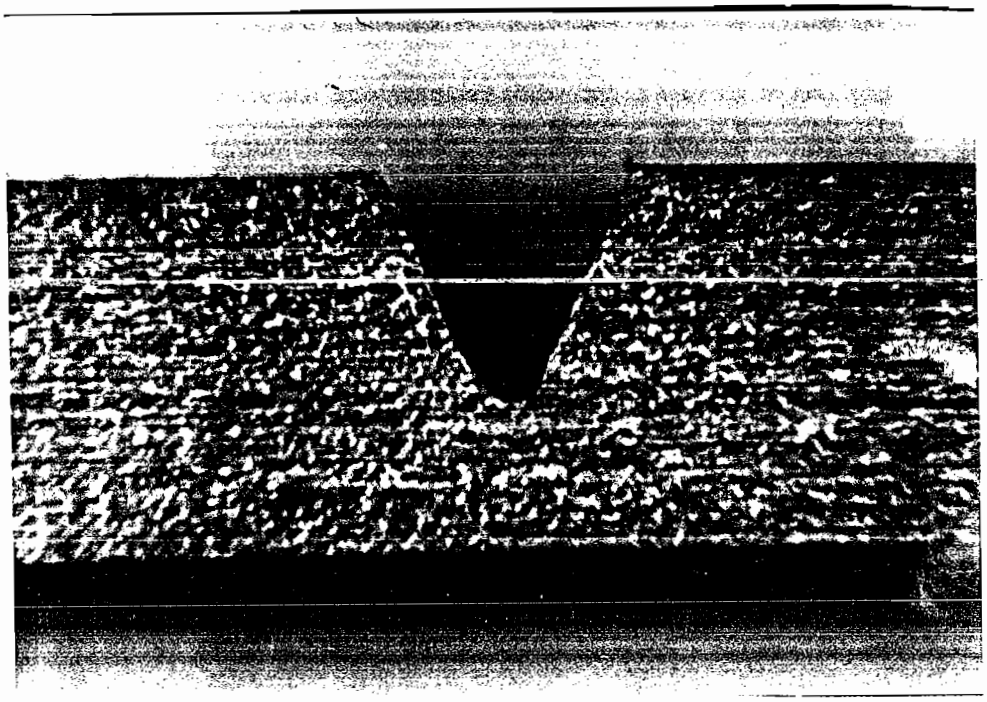


Gambar 4.14. Foto struktur makro spesimen awal 4



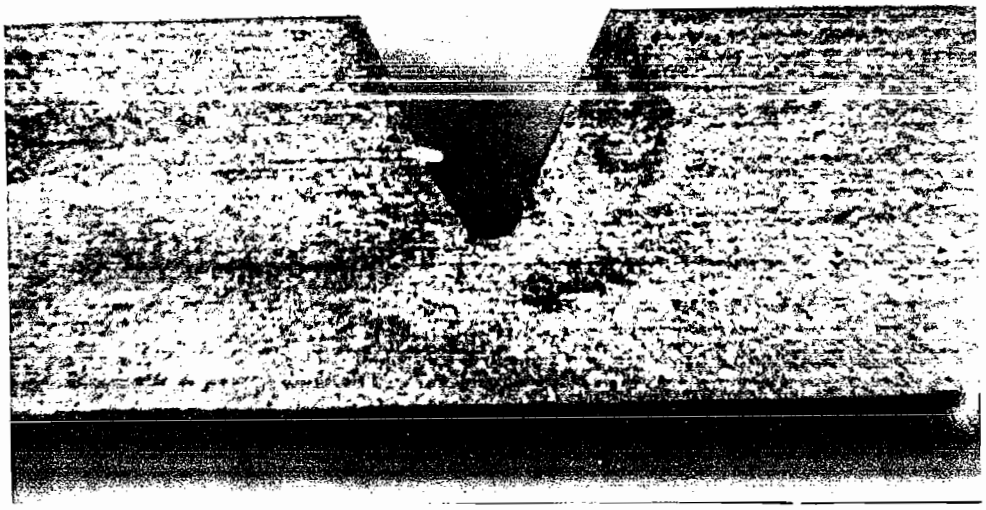
Gambar 4.15. Foto struktur makro aging 1 jam NaOH 15% sebelum di impak

Gambar 4.16. Foto struktur makro aging 1 jam NaOH 15% sesudah di impak



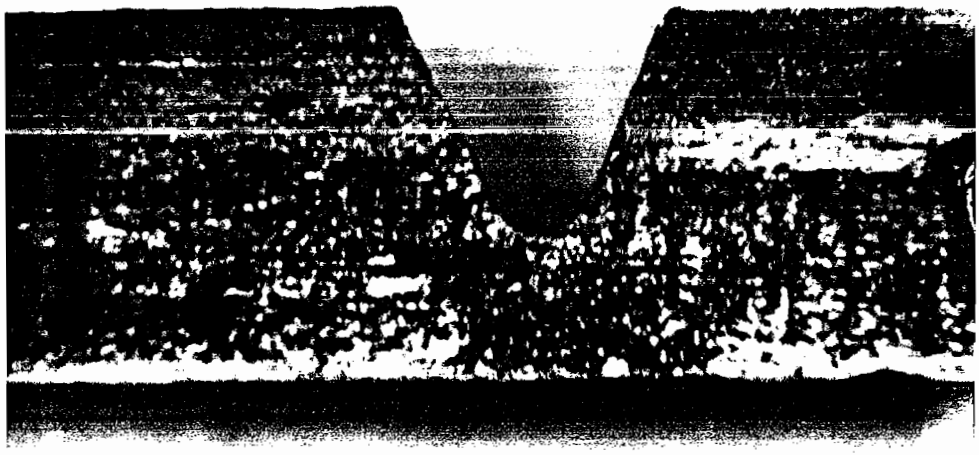
Gambar 4.17. Foto struktur makro aging 5½ jam NaOH 15% sebelum di impak

Gambar 4.18. Foto struktur makro aging 5½ jam NaOH 15% sesudah di impak

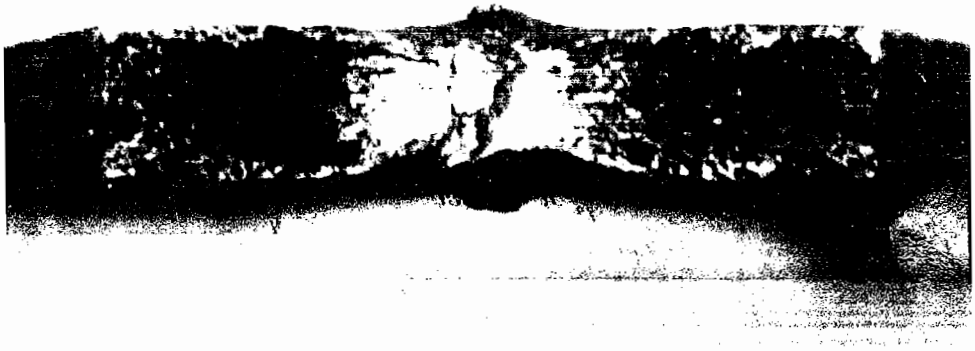


Gambar 4.19. Foto struktur makro aging 10 jam NaOH 15% sebelum di impak

Gambar 4.20. Foto struktur makro aging 10 jam NaOH 15% sesudah di impak

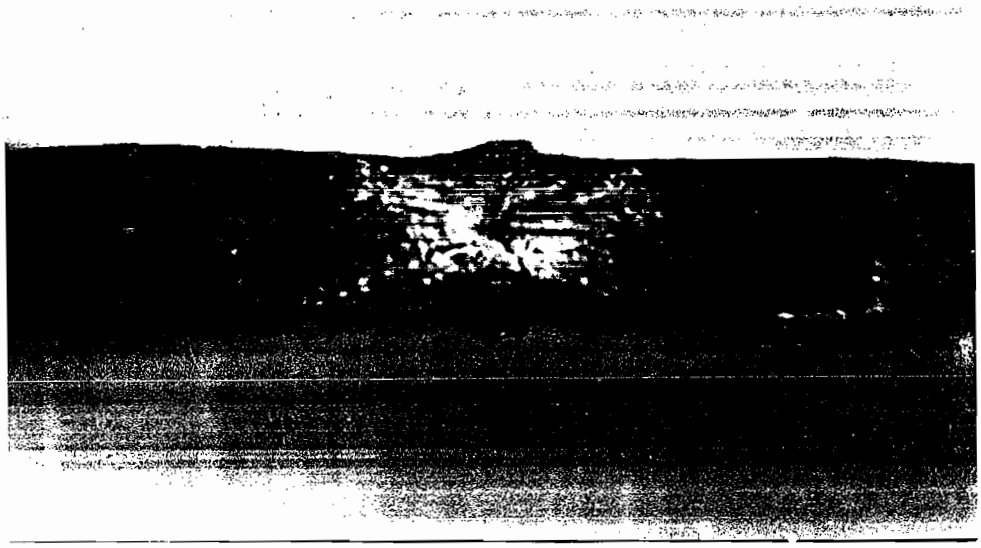


Gambar 4.21. Foto struktur makro aging 1 jam NaOH 20% sebelum di impak

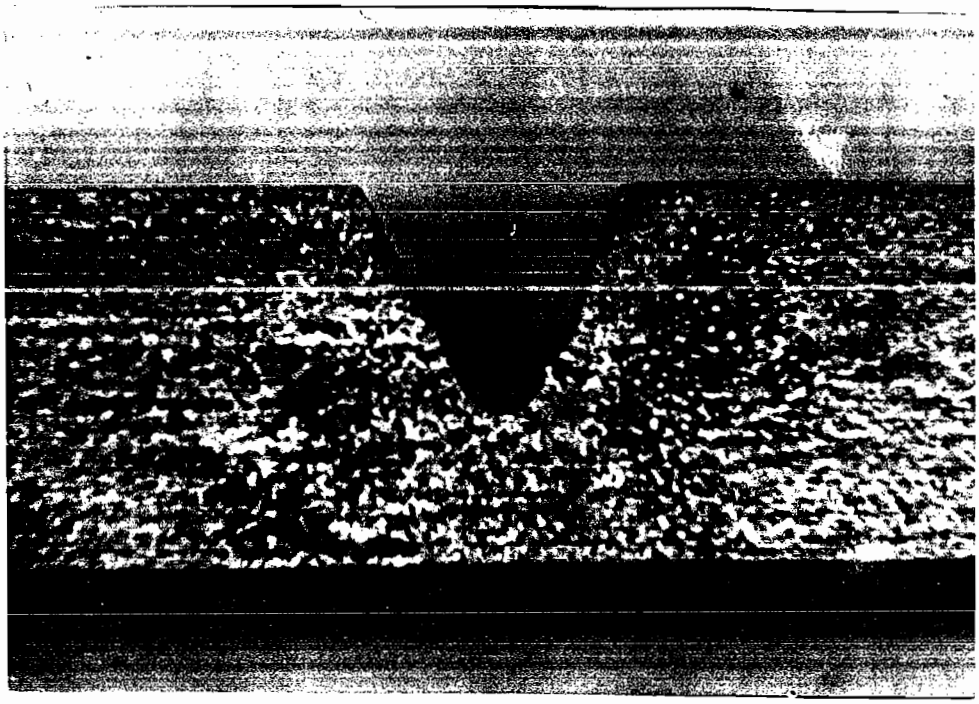


Gambar 4.22. Foto struktur makro aging 1 jam NaOH 20% sesudah di impak

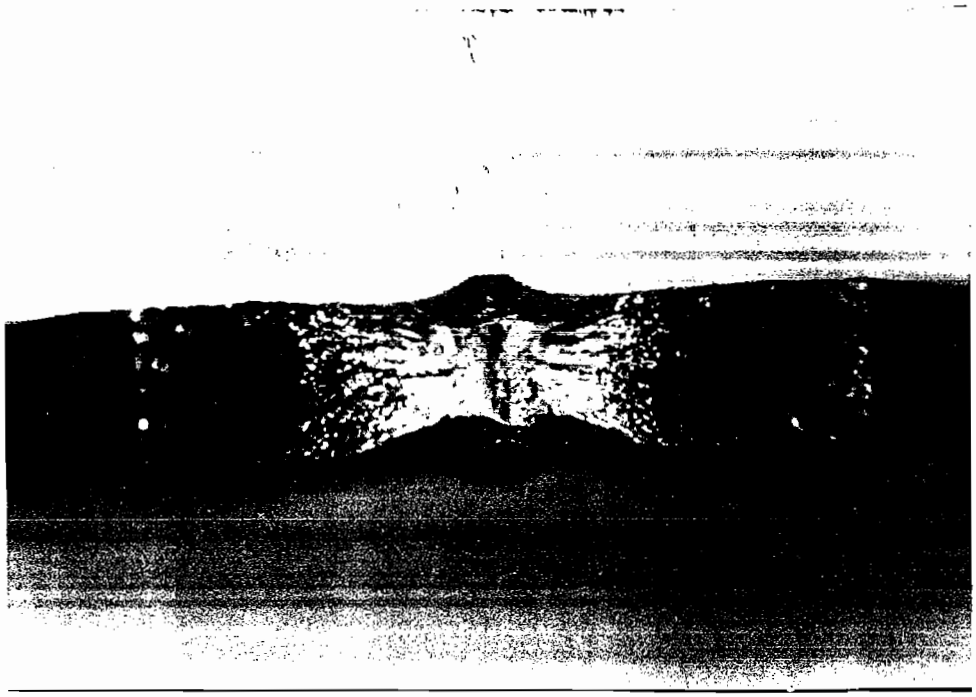
Gambar 4.23. Foto struktur makro aging 5½ jam NaOH 20% sebelum di impak



Gambar 4.24. Foto struktur makro aging 5½ jam NaOH 20% sesudah di impak



Gambar 4.25. Foto struktur makro aging 10 jam NaOH 20% sebelum di impak



Gambar 4.26. Foto struktur makro aging 10 jam NaOH 20% sesudah di impak

Pembahasan :

Pengujian struktur makro dilakukan untuk mengetahui kerusakan atau cacat fisis yang terjadi pada bagian luar spesimen setelah mengalami korosi NaOH 25% dan 30%. Proses korosi setelah spesimen di aging dilakukan selama 1 jam.

Pada spesimen awal menunjukkan kerusakan yang terjadi akibat beban kejut dan patahan yang terjadi merupakan patahan campuran.

Pada spesimen dengan korosi larutan NaOH 15% terlihat pengikisan permukaan spesimen lebih sedikit di bandingkan pada korosi larutan 20%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar larutan NaOH maka semakin banyak pengikisan yang terjadi pada permukaan spesimen atau kemampuan NaOH merusak permukaan spesimen semakin tinggi. Kemampuan korosi NaOH ini tidak sampai merusak bagian dalam, karena korosi NaOH termasuk jenis korosi cepat dan ciri korosi cepat antara lain hanya terjadi cacat pada permukaan spesimen. Pada pengujian struktur makro ini terlihat bahwa spesimen setelah mendapat perlakuan dan diuji impak mempunyai bentuk patahan liat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada pengujian komposisi, di dalam aluminium ini terdapat kandungan Al-76,09, Zn-14,97%, Fe-0,31%, Mg-0,25%, Cu-0,11%, Si-0,00%, dari hasil penelitian terhadap aluminium paduan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Aluminium paduan seng dengan perlakuan aging mempunyai keseragaman struktur lebih baik dibanding sebelum mendapat perlakuan, dengan terbentuk butiran-butiran hasil perlakuan berakibat peningkatan keliatan bahan. Harga keuletan pada kondisi awal 0,13 Joule/mm^2. Peningkatan harga keuletan dari kondisi awal dengan perlakuan aging 1 jam, $5^1/_2$ jam, 10 jam sebesar : 176,9%; 176,9%; 184,6%. Pada perlakuan aging dan dicelup NaOH 15% sebesar :238,4% (1 jam); 261,5% ($5^1/_2$ jam); 230,7% (10 jam). Pada perlakuan aging dan dicelup NaOH 20% sebesar :192,3% (1 jam); 207,69% ($5^1/_2$ jam); 238,4% (10 jam).
2. Aluminium paduan seng dengan perlakuan aging dan dikorosi dengan larutan NaOH, mengalami penurunan diameter akibat pengikisan larutan NaOH pada permukaan spesimen, semakin tinggi kadar larutan NaOH maka ukuran penurunan diameter semakin tinggi. Harga diameter pada kondisi awal 6,42 mm. Pada perlakuan aging dan dicelup NaOH 15% mengalami penurunan dari kondisi awal sebesar : 11% (1 jam); 10,4% ($5^1/_2$ jam); 9,6%

(10 jam). Pada perlakuan aging dan dicelup NaOH 20% mengalami penurunan dari kondisi awal sebesar : 17,1% (1 jam); 17,6% ($5^1/_2$ jam); 19,3% (10 jam).

3. Aluminium paduan seng dengan perlakuan aging dan dikorosi, mengalami penurunan kekuatan tarik, kekuatan patah akibat korosi NaOH yang membuat cacat permukaan benda uji, sedangkan korosi tidak mempengaruhi regangan karena korosi NaOH terjadi pada permukaan sampel uji, tidak sampai kedalam atau tidak merusak struktur dalam sampel uji. Harga kekuatan tarik pada kondisi awal 19,2 kg/mm^2. Pada perlakuan aging dan dicelup NaOH 15% mengalami penurunan dari kondisi awal sebesar : 30,9% (1 jam); 31,7% ($5^1/_2$ jam); 29,4% (10 jam). Pada perlakuan aging dan dicelup NaOH 20% mengalami penurunan dari kondisi awal sebesar : 27,3% (1 jam); 34,3% ($5^1/_2$ jam); 38,8% (10 jam).

5.2. Saran

1. Alangkah baiknya jika perpustakaan melengkapi buku referensi tentang aluminium dan buku-buku lainnya guna memperlancar proses pengerjaan.
2. Untuk mendukung proses penelitian di kemudian hari, alangkah baiknya jika fasilitas di Lab. Ilmu Logam dilengkapi.
3. Sebaiknya pembimbing lebih banyak mendampingi mahasiswa yang sedang melakukan penelitian pada saat di laboratorium, sehingga hasil yang di dapat pada teori dan praktek bisa dibandingkan dan dikonsultasikan, karena kadang kala teori dan praktek berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

ASM, 1985, *Metallorgraphy and Micro Structure*, Metal Handbook, Ninth Edition, American Society For Metal.

Amanto, H., Daryanto, *Ilmu Bahan*, Bumi Aksara, Jakarta.

Brick, R.M., Arthur, P., 1949, *Structure and Properties of Alloys*, Second Edition, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC., USA.

Biro Data dan Analisis, 1982, *Gambaran dan Perkembangan Industri Aluminium Dunia*, Departemen Perindustrian, Indonesia.

Chijiwa, K., Surdia, T., 1996, *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan Ketujuh, PT.Pradnya Paramita, Jakarta.

Dieter, G.E., 1987, *Metalurgi Mekanik*, Edisi III, Alih Bahasa, Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta.

Holman, J.P., 1984, *Metode Pengukuran Teknik,* Edisi IV, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Dorlot, J.M., 1985, *Des Materiana*, Ecole Polytechnique de Montreal.

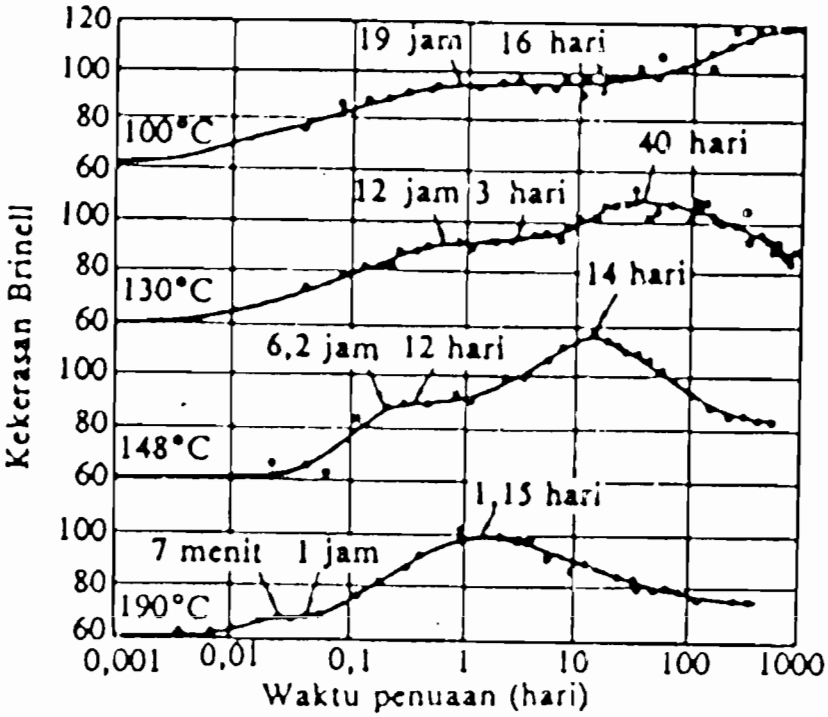
Smallman, R.E., 1991, *Metalurgi Fisik Modern*, Edisi Keempat, PT.Gramedia, Jakarta.

Suroto, A., *Ilmu Logam dan Metalurgi*, ATMI, Surakarta.

Surdia, T., Saito S, 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ketiga, PT.Pradnya Paramita, Jakarta.

Van Vliet, G.L.J., *Teknologi untuk Bangunan Mesin,* Bahan-bahan I, Penerbit Erlangga, Jakarta.

LAMPIRAN



Grafik pengerasan penuaan dua tahap dari paduan Al-4% Cu (Gayler)

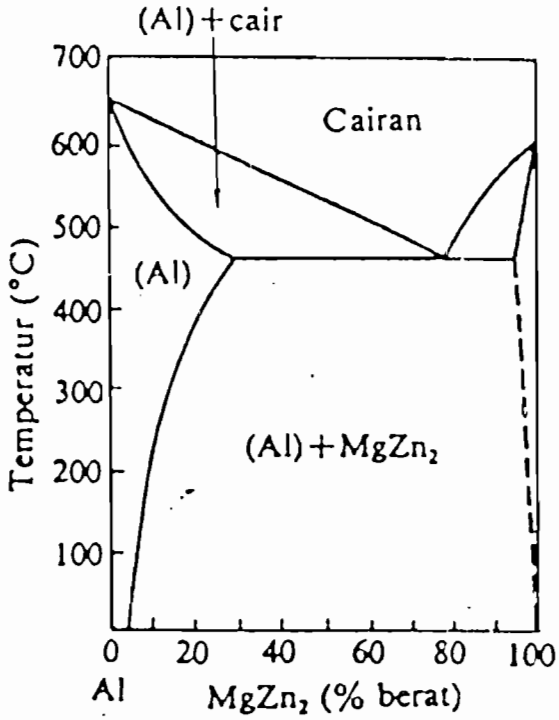


Diagram fasa biner semu dari paduan Al-Mg-Zn_2

DIREKTORAT JENDERAL GEOLOGI DAN SUMBERDAYA MINERAL
DIREKTORAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI
BALAI PENYELIDIKAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KEGUNUNGAPIAN
JALAN CENDANA 15 YOGYAKARTA 55166

TELEPON (0274) 514180, 514192 FAKSIMILE 563630

LABORATORIUM KIMIA

Bentuk Conto : Padat / Logam
Pengirim Conto : Y. Dodik Wasis Setiawan, Y. Sigit Purnama, A. Sigit Aribowo, Theresia Ta'dung dan Wilfried P.H.
Asal Conto :
No. Analisa : 12/02/LK/2003
Halaman : 1 dari 1

HASIL ANALISIS KIMIA
(Dalam satuan % berat)

Unsur	Al - AS
Al	76,09
Fe	0,31
Mg	0,25
Cu	0,11
Zn	14,97
Si	0,00

Yogyakarta, 16 Desember 2003

Mengetahui
Ka. Sub bag TU

Muchtar Yahya, SH
NIP. 100005023

Lab. Geokimia,

Ir. N. Euis Sutaningsih
NIP. 100010995

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman – Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 886530; Fax. (0274) 886529; Email: teknik@usd.ac.id

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nomor : 340 / FT USD / TM / September / 2003

Diberikan kepada

Nama Mahasiswa : Antonius Sigit Ariwibowo

Nomor Mahasiswa : 985214070

NIRM : -

Jurusan : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Matakuliah : Bahan Teknik Manufaktur

Judul / naskah soal :

Pengaruh aging 1 jam, 3 1/2 jam dan 10 jam pada [illegible] NaOH 15 % dan 20 %. Pengujian : tarik impak, kekerasan

Tanggal dimulai : [illegible] September 2003

Pembimbing Utama : Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Pembimbing Kedua : -

TGL	URAIAN	KETERANGAN	TANDA TANGAN
15-1-04	Bab I - III	Diperbaiki	
2-2-04	Revisi Bab I - III	Ok	
13-2-04	Hasil / data ditabelkan	standard deviasi	
25-2-04	Grafik	diperbaiki	
6-3-04	Intisari	diperbaiki	
13-3-04	Masbah kesimpulan	perbaiki sesuai contoh	

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman – Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 886530; Fax. (0274) 886529; Email: teknik@usd.ac.id

UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
TANGGAL : 20 Maret 2004

NAMA Mhs. : ANTONIUS SIGIT ARIWIBOWO

NIM : 985214070

JUDUL :

Influece of Aging During 1 Hour, 5,5 Hour and 10 Hour at Aluminium Alloy Which Enter Environment of NaOH 15% and 20 %.

Pembimbing Utama : Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Pembimbing Kedua : Budi Sugiharto, S.T.M.T.

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

1. 1 lembar untuk mahasiswa
2. 1 lembar untuk dosen pembimbing

* Penulisan rumus kimia hal 6
* Hal 13, lebih bhs. Inggris.
* Skala dalam foto hasil pengujian struktur mikro
* Batasan masalah hal 2, diperbaiki
* Pembahasan (bandingkan dg teori)
* Kesimpulan diperjelas dgn mencantumkan nilai/hasil
* Lihat naskah

Acc - 24-3-04