

THE EFFECT OF CONCENTRATION AND HOLDING TIME ON ALUMINIUM CORROSION

TUGAS AKHIR

Nomor Soal: 345 / FT.USD / TM / September / 2003

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh :

THOMAS TUTUT TRI HARJANTO

NIM: 985214079

NIRM: 98005112310120079

Kepada

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2003

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

THE EFFECT OF CONCENTRATION AND HOLDING
TIME ON ALUMINIUM CORROSION

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

NAMA: THOMAS TUTUT TRI HARJANTO
NIM : 985214079
NIRM : 98005112310120079

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 13 Desember 2003

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



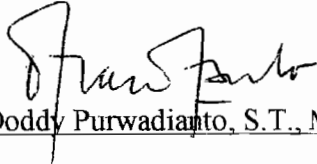
Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Anggota Dewan Penguji

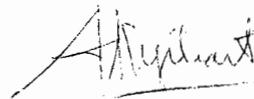


I Gusti Ketut Pudja, S.T., M.T.

Pembimbing Kedua



D. Doddy Purwadianto, S.T., M.T.



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



RB. Dwiseno Wihadi, S.T., M.St.

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Yogyakarta, 13 Desember 2003


Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Yogyakarta

Dekan




Ir. Greg 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 disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, ~~13~~ Desember 2003

Thomas Tutut Tri Harjanto



TUGAS AKHIR PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK MESIN

Nomor : 345 / FI / USD / TM / September / 2003

Diberikan kepada :
Nama Mahasiswa : Thoran Setiawan Yudianto
Nomor Mahasiswa : 985214079
NIRN : 08005117-1012003
Jurusan : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Matakuliah : Bahan Teknik Manufaktur
Judul naskah soal :

Pengaruh kolosi Al. dalam lingkungan Na OH. 5 , 10 , 15 , 20 , 25 , 50% pada suhu awal 40 C untuk 1, 5 1 2 , 10 jam

Tanggal dimulai : 25 Pebruari 2003

Pembimbing Kedua

(-)

Yogyakarta, 4 September 2003

Dosen Pembimbing Utama

(Budi Setyahandana, S.T.,M.T.)

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada:

1. TUHAN YESUS KRISTUS Juru Selamatku.
2. Kedua orangtuaku tercinta, yang telah senantiasa memberikan dukungan baik secara moral maupun finansial.
3. Kedua kakakku (Mbak Santi dan Mas Aji) serta kedua adikku (Agung dan Anggun).
4. Kekasihku Nina yang tercinta, terima kasih atas pengertian serta dukungannya.
5. Teman-teman Tasura 2A, Sigit, Nugroho, Doni, serta komunitas "GoPek".

MOTTO

*“Menunda Adalah Awal Dari Kegagalan
dan
Disiplin Diri Adalah Awal Dari Kesuksesan”*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang selalu berkenan menyertai dan memberikan kasih-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Dalam penulisan Tugas Akhir ini mahasiswa dituntut kerja mandiri dengan bimbingan dosen pembimbing untuk menyelesaikannya secara keseluruhan.

Persoalan Tugas Akhir yang penulis dapatkan adalah **Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Korosi Aluminium Dalam Lingkungan NaOH Dengan Suhu Awal 40°C**. Banyak kesulitan dan hambatan yang penulis hadapi dalam proses pengerjaan, penelitian, dan penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuan, saran, dan fasilitas sehingga tugas ini dapat terselesaikan, kepada:

1. Bapak Ir. G. Harjanto, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Bapak Budi Setyahandana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, atas waktu, perhatian, dan saran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

3. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
4. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moral dan spiritual.
5. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

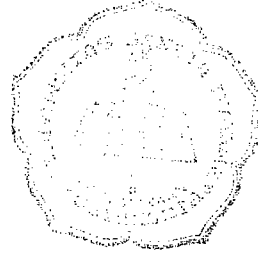
Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan segala kritikan dan saran yang bersifat membangun bagi penulis.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca serta bagi semua pihak, dan khususnya bagi penulis.

Yogyakarta, Desember 2003

Penulis

DAFTAR ISI



Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan	iii
Halaman Penetapan Naskah Soal	iv
Halaman Persembahan	v
Motto Hidup	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiii
Intisari	xiv
Abstract	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Metode Penelitian	2
BAB II DASAR TEORI	4
2. 1. Aluminium	4
2. 1. 1. Produksi Aluminium	4
2. 1. 2. Sifat-sifat Aluminium	8

2. 1. 3. Paduan Aluminium.....	9
2. 1. 4. Pengaruh Unsur Paduan Aluminium.....	14
2. 2. NaOH (Natrium Hidroksida).....	19
2. 3. Pengujian Bahan.....	22
2. 3. 1. Pengujian Tarik	26
2. 3. 2. Pengujian Struktur Makro	31
2. 4. Korosi.....	34
2. 4. 1. Teori Umum	35
2. 4. 2. Aspek-aspek Termodinamika pada Reaksi Korosi	36
2. 4. 3. Jenis-jenis Korosi	40
2. 4. 4. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi	45
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN	49
3. 1. Diagram Alir Penelitian	49
3. 2. Penyediaan Bahan	50
3. 3. Pelaksanaan Penelitian	51
3. 3. 1. Uji Komposisi	51
3. 3. 2. Proses Pelarutan NaOH.....	52
3. 3. 3. Proses Pencelupan Aluminium dalam Larutan NaOH.....	52
3. 3. 4. Pengujian Tarik	53
3. 3. 5. Pengujian Struktur Makro	56
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	57
4. 1. Hasil Uji Komposisi	57
4. 2. Perubahan Diameter	58

4. 2. 1.Data Hasil Perubahan Diameter	58
4. 2. 2.Grafik Hasil Perubahan Diameter	59
4. 2. 3.Pembahasan Hasil Perubahan Diameter.....	60
4. 3. Pengujian Tarik	61
4. 3. 1.Data Hasil Pengujian Tarik	61
4. 3. 2.Grafik Hasil Pengujian Tarik	66
4. 3. 3.Pembahasan Hasil Pengujian Tarik.....	68
4. 3. Pengujian Struktur Makro	69
4. 4. 1.Foto Hasil Struktur Permukaan	69
4. 3. 2.Pembahasan Struktur Permukaan.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN PENUTUP	71
5. 1. Kesimpulan	71
5. 2. Penutup.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Proses Elektrolisa Alumina Menjadi Aluminium	6
Gambar 2. 2. Dapur Cell	7
Gambar 2. 3. Hubungan Tegangan dan Regangan.....	27
Gambar 2. 4. Struktur Ingot	31
Gambar 2. 5. Grafik $E/\log i$	38
Gambar 2. 6. Pengaruh Pengadukan pada Laju Korosi Dalam Sel Galvanik	39
Gambar 3. 1. Spesimen Uji Tarik Standar	50
Gambar 3. 2. Mesin Uji Tarik (Testing Machine)	55
Gambar 3. 3. Bentuk Patahan pada Benda Uji.....	55
Gambar 4. 1. Grafik Konsentrasi Larutan Terhadap Perubahan Diameter	59
Gambar 4. 2. Grafik Waktu Pencelupan Terhadap Perubahan Diameter.....	59
Gambar 4. 3. Grafik Konsentrasi Larutan Terhadap Tegangan Tarik	66
Gambar 4. 4. Grafik Konsentrasi Larutan Terhadap Tegangan Patah	66
Gambar 4. 5. Grafik Waktu Pencelupan Terhadap Tegangan Tarik.....	67
Gambar 4. 6. Grafik Waktu Pencelupan Terhadap Tegangan Patah.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Klasifikasi Paduan Aluminium Cor	13
Tabel 2. 2. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa	13
Tabel 2. 3. Modulus Elastisitas Bahan pada Berbagai Suhu.....	29
Tabel 4. 1. Hasil Uji Komposisi.....	57
Tabel 4. 2. Hasil Perubahan Diameter	58
Tabel 4. 3. Hasil Pengujian Tarik pada Kondisi Mula-mula.....	62
Tabel 4. 4. Hasil Pengujian Tarik dengan Waktu Pencelupan 1 Jam.....	63
Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Tarik dengan Waktu Pencelupan 5,5 Jam.....	64
Tabel 4. 6. Hasil Pengujian Tarik dengan Waktu Pencelupan 10 Jam.....	65

INTISARI

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan waktu korosi aluminium dalam lingkungan NaOH dengan suhu awal 40°C terhadap perubahan ukuran diameter dan kekuatan tarik. Pengujian dilakukan pada batang silinder yang dicelup dalam lingkungan NaOH (*Natrium Hidroksida*). Pencelupan dalam lingkungan NaOH dilakukan selama 1 jam ; 5,5 jam ; 10 jam dengan konsentrasi larutan 5% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25% ; 30%.

Pengaruh konsentrasi larutan dan waktu korosi aluminium dalam lingkungan NaOH dengan suhu awal 40°C diamati pada perubahan ukuran diameter, kekuatan tarik, tegangan patah dan struktur makro.

Dari hasil penelitian, benda uji pada kondisi mula-mula mempunyai kekuatan tarik yang paling besar dibanding benda uji setelah mengalami pencelupan dalam lingkungan NaOH. Pada berbagai tingkat konsentrasi larutan dan waktu pencelupan, terjadi penurunan ukuran diameter, penurunan kekuatan tarik dan tegangan patah. Semakin tinggi tingkat konsentrasi larutan, maka ukuran diameter, kekuatan tarik dan tegangan patah semakin turun. Semakin lama waktu pencelupan, maka ukuran diameter, kekuatan tarik dan tegangan patah juga semakin turun.

ABSTRACT

This research aimed at knowing the effect of concentration and aluminium corrosion time in the solution of NaOH with the beginning degree 40°C toward diameter size and ultimate load. The test was conducted on the stick of cylinder which were immersed in the solution of NaOH (Natrium Hydroxide). The immersion in the solution of NaOH was done during 1 hour ; 5.5 hours ; 10 hours with the solution concentration 5% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25% ; 30%.

The effect of the solution concentration and aluminium corrosion time in the solution of NaOH with the beginning degree 40°C was observed the changing of the diameter size, ultimate load, breaking strength and macro structure.

From the result of the research, it was found the spescimen in the initial condition have the biggest ultimate load compared to the specimen after immersed in the solution of NaOH. In the various levels of the solution concentration and immersion time, there were the decreases of the diameter size, the decreases of the ultimate load, and breaking strength. The higher the level of the solution concentration, the lower the diameter size, ultimate load and breaking strength. The longer the immersion time, the lower the diameter size, ultimate load and breaking strength.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dunia teknologi yang semakin maju dan berkembang dipengaruhi oleh adanya pemanfaatan logam. Namun demikian, anugerah dari alam yang sangat berharga ini tersia-sia akibat korosi. Dalam banyak hal, korosi tidak dapat dihindarkan, tetapi kita dapat berusaha mengendalikannya.

Aluminium adalah salah satu jenis logam yang banyak digunakan sebagai bahan produk, antara lain untuk peralatan rumah tangga dan untuk keperluan industri, karena banyak sifat-sifat aluminium yang menguntungkan, misalnya tahan karat (korosi), berat jenis yang ringan, titik lebur yang rendah dibanding logam lain (seperti besi dan baja), mudah dibentuk (*good formability*), daya hantar listrik dan panas yang tinggi, kenampakan yang menarik, dan sifat-sifat lainnya. Namun demikian, kita sering mengabaikan sifat-sifat tersebut, sehingga produk yang dihasilkan kadang tidak sesuai dengan apa yang diharapkan. Dengan keadaan yang demikian, maka lebih baik kita harus bisa lebih selektif dalam membuat produk, dalam hal ini khususnya aluminium.

Berdasarkan hal tersebut, maka penulis mencoba melakukan penelitian mengenai pengaruh korosi pada aluminium dalam lingkungan NaOH dengan suhu awal sebesar 40⁰ C dalam berbagai variasi waktu.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap ukuran diameter benda uji.
2. Pengaruh waktu pencelupan benda uji dalam lingkungan NaOH terhadap ukuran diameter benda uji.
3. Pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap kekuatan tarik benda uji.
4. Pengaruh waktu pencelupan benda uji dalam lingkungan NaOH terhadap kekuatan tarik benda uji.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis memberikan batasan-batasan, agar dalam penulisan dapat terarah dan sistematis. Aluminium akan dicelupkan dalam larutan NaOH (dengan prosentase tertentu: 5% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25% ; 30%) dengan suhu awal 40⁰ C selama waktu tertentu pula, kemudian aluminium akan diuji tarik dan difoto struktur makro.

1.4. Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam penulisan ini adalah dengan cara mengerjakan, mengamati, dan meneliti secara langsung di laboratorium serta menganalisis data-data dari hasil penelitian yang diperoleh.

Cara penelitian meliputi:

1. Pengujian komposisi
2. Pencelupan bahan aluminium dalam larutan NaOH
3. Pengambilan foto penampang aluminium (struktur makro)
4. Pengujian tarik

Pengujian komposisi dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terdapat dalam aluminium. Pengujian komposisi ini dilakukan di Laboratorium *Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian*, Jalan Cendana 15 Yogyakarta.

Setelah benda uji dicelupkan dalam larutan NaOH selama waktu tertentu dan sebelum benda uji mengalami pengujian tarik, dilakukan foto struktur makro. Tujuan dari foto struktur makro ini untuk mengetahui struktur permukaan pada aluminium setelah mengalami pencelupan dalam lingkungan larutan NaOH.

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besar kekuatan tarik dan tegangan yang terjadi pada benda uji. Pengujian ini dilakukan sampai benda uji mengalami patah. Dengan demikian, kita bisa mengetahui beban maksimum tegangan puncak, tegangan patah, penambahan panjang/regangan dari bahan tersebut. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Ilmu Logam Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Aluminium

Aluminium (Al) adalah logam yang sangat aktif. Jika berada di lingkungan yang menghasilkan oksigen, maka logam ini akan bereaksi membentuk sebuah selaput tipis oksida yang transparan pada seluruh permukaannya yang terbuka. Selaput ini mengendalikan laju korosi dan melindungi logam dibawahnya¹⁾. Oleh karena itu komponen-komponen yang terbuat dari aluminium dan paduan-paduannya bisa memiliki umur yang panjang, sehingga penggunaan aluminium meningkat dari tahun ke tahun dan menempati urutan kedua setelah logam ferro (besi dan baja). Penggunaan aluminium merupakan yang terbanyak diantara logam non-ferro, karena sifat-sifat aluminium yang banyak menguntungkan, antar lain: kuat, ringan, tahan korosi, mudah dibentuk, dan merupakan konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Kekuatan mekanis aluminium dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur paduan, seperti: Tembaga (Cu), Mangan(Mn), Magnesium (Mg), Silicon (Si), Seng (Zn), dan Nikel (Ni).

2.1.1. Produksi Aluminium

Pada kerak bumi, 8% darinya adalah aluminium. Logam aluminium diperoleh dari alumina dengan cara elektrolisa. Atom Al pada dasarnya

¹⁾ Trethewey, KR dan Chamberlain, Korosi – Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan, hal 289

terlalu kuat bergabung dengan atom oksigen dan disebut aluminium oksida. Bahan dasarnya adalah berupa bauksit yang umumnya banyak terdapat di daerah tropis dan subtropis yang memiliki curah hujan tinggi. Bauksit ini terbentuk dari proses pelapukan batuan beku.

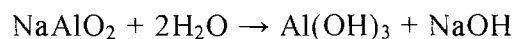
Dalam hal ini agak sulit memisahkan alumina dari bauksit, tidak dapat dengan pemanasan kokas atau hembusan oksigen, karena logamnya akan terbakar lebih dahulu dan yang tertinggal adalah kotorannya. Proses produksi aluminium dari bauksit meliputi dua tahap, yaitu:

1. Proses pengolahan alumina (Al_2O_3)

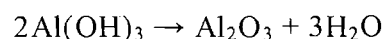
Proses pengolahan bauksit menjadi alumina melalui suatu rangkaian proses yang disebut *Bayer*. Bauksit dimasukkan ke dalam larutan (NaOH) dan alumina yang terdapat didalamnya membentuk sodium aluminat.



Setelah pemisahan sodium aluminat dari zat lainnya, bauksit lalu didinginkan secara perlahan sampai temperatur $25-35^\circ\text{C}$ untuk mengendapkan aluminium hidroksida [$\text{Al}(\text{OH})_3$] menurut reaksi:

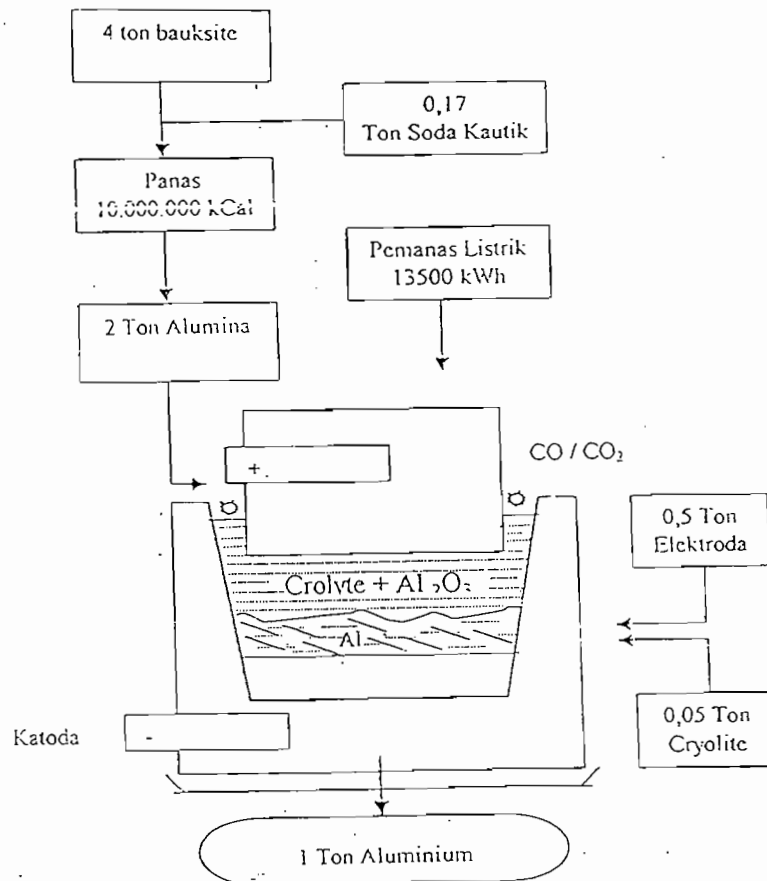


Kemudian $\text{Al}(\text{OH})_3$ atau aluminium hidroksida dicuci dan selanjutnya dipanaskan sampai temperatur $1100-1200^\circ\text{C}$ untuk menghasilkan aluminium oksida (Al_2O_3) menurut reaksi:



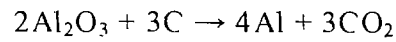
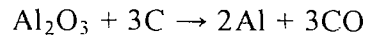
2. Proses elektrolisa alumina

Alumina yang diperoleh melalui proses pengolahan bauksit, diproses lagi secara elektrolisa pada temperatur tinggi dengan proses Hall-Heroult (gambar 2.1).

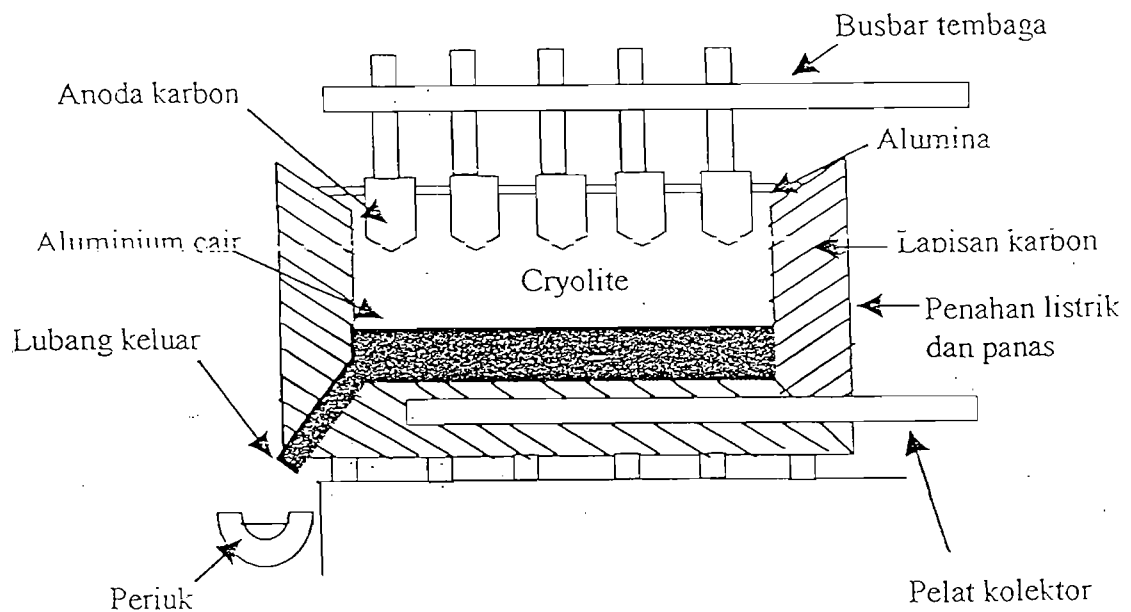


Gambar 2.1 Proses elektrolisa alumina menjadi aluminium
Sumber: Teori dan Praktek Kerja Logam (George Love dan Harun A.R)

Karena alumina mempunyai titik leleh yang tinggi (2000°C), maka alumina tersebut dilarutkan ke dalam cairan cryolite (garam Na₃AlF₆), yang bertindak sebagai elektrolite, sehingga titik leleh menjadi lebih rendah (1000 °C). 15% Al₂O₃ dapat diurikan ke dalam cryolite dan elektrolisa disini sebagai reduksi Al₂O₃.



Cara lain dari proses elektrolisa alumina ini, yaitu dengan menggunakan dapur cell (gambar 2.2), yang biasanya berukuran $\pm 2,5\text{m} \times 1,5\text{m} \times 0,6\text{m}$ dan memerlukan arus listrik yang tinggi (8000-30.000 A) dan pada tegangan yang rendah (7V). Anoda secara perlahan-lahan terbakar oleh elektroda bermuatan positif. Jika arus listrik melewatinya, maka alumina bermuatan positif dan tertarik ke pelapis dapur yang merupakan elektroda negatif (katoda). Sehingga akan didapat aluminium cair yang terkumpul di dasar dapur dan dapat diambil bila perlu. Sementara itu oksigen disampaikan kepada anoda dan terbakar. Pemasukan aluminium ini perlu sesering mungkin dilakukan.



Gambar 2.2 Dapur cell

Sumber: Teori dan Praktek Kerja Logam (George Love dan Harun A.R)

2.1.2. Sifat-sifat Aluminium

Aluminium adalah salah satu jenis logam yang banyak digunakan sebagai bahan produk, antara lain untuk peralatan rumah tangga dan untuk keperluan industri, karena banyak sifat-sifat aluminium yang menguntungkan, antara lain:

1. Kerapatan (density)

Aluminium merupakan logam ringan, karena berat jenisnya yang rendah, yaitu 2700kg/m^3 .

2. Tahan terhadap korosi

Aluminium mempunyai daya tahan yang sangat baik terhadap korosi, karena adanya lapisan atau selaput tipis oksida transparan pada seluruh permukaannya yang terbuka. Selaput ini mengendalikan laju korosi dan melindungi logam dibawahnya.

3. Sebagai penghantar panas dan listrik yang baik

Daya hantar listrik aluminium murni sekitar 60% dari daya hantar listrik tembaga.

4. Mudah dibentuk

Aluminium mempunyai sifat mudah ditempa, sehingga dapat dibentuk dengan mudah dan memungkinkan dibuat dalam bentuk plat atau lembaran tipis.

5. Titik lebur rendah

Titik lebur aluminium relatif rendah, yaitu 660 °C, sehingga sangat baik untuk proses penuangan dengan waktu peleburan relatif singkat dan biaya operasi akan lebih murah

Selain sifat-sifat tersebut, masih banyak sifat-sifat lain yang menguntungkan dari aluminium, seperti: anti magnetik, proses pengerjaan akhir (finishing) dapat dengan mudah dilakukan, memiliki sifat-sifat mekanis (kekuatan tarik, kekerasan).

2.1.3. Paduan Aluminium

Penggunaan aluminium murni terbatas pada aplikasi yang tidak terlalu mengutamakan faktor kekuatan, seperti: penghantar panas listrik, perlengkapan bidang kimia, lembaran (plat) dan sebagainya. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kekuatan aluminium murni adalah dengan proses pengerasan regang atau dengan perlakuan panas (heat treatment). Tetapi cara ini tidak senantiasa memuaskan bila tujuan utama adalah untuk meningkatkan kekuatan bahan.

Pada perkembangan selanjutnya, peningkatan nyata dari kekuatan aluminium dapat dicapai dengan penambahan unsur-unsur paduan kedalam aluminium. Unsur-unsur paduan tersebut dapat berupa: Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Magnesium (Mg), Silicon (Si), Seng (Zn), dan lain-lain. Kekuatan aluminium paduan ini dapat dinaikkan lagi dengan pengerasan regang atau dengan perlakuan panas. Sifat-sifat lainnya, seperti mampu

cor dan mampu mesin juga bertambah baik. Dengan demikian penggunaan aluminium paduan lebih luas dibandingkan dengan aluminium murni.

Paduan aluminium antara lain:

1. Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg

Paduan Al-Cu sangat jarang digunakan, karena mudah terjadi retakan pada coran, maka perlu ditambahkan silicon (Si). Sebagai coran dipakai paduan dengan 4-5% Cu. Sedangkan paduan Al-Cu-Mg adalah paduan yang mengandung 4% Cu dan 0,5% Mg. Dengan penuaan pada temperatur biasa, dalam beberapahari paduan ini dapat mengeras hingga sangat dalam. Paduan ini disebut juga *duralumin*.

2. Paduan Al-Mn

Mangan (Mn) dipakai untuk memperkuat Al, tanpa mengurangi ketahanan korosinya. Contohnya Al - 1,2% Mn dan Al - 1,2% Mn - 1,0% Mg merupakan paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas.

3. Paduan Al-Si

Paduan Al-Si merupakan paduan aluminium yang paling banyak digunakan, dengan kadar Si 5-20 %. Paduan ini mempunyai sifat:

- a. tahan korosi
- b. tidak getas karena pemanasan
- c. permukannya sangat bagus
- d. sangat baik sebagai paduan coran
- e. mudah mencairkannya

- f. koefisien pemuaian yang kecil
- g. ringan
- h. penghantar listrik dan panas yang baik

Bila paduan ini dicor, akan mempunyai sifat mekanis rendah, karena butir-butir Si cukup besar, untuk mengatasinya dapat diperbaiki dengan menambahkan Mg, Cu atau Mn dan selanjutnya diperbaiki dengan perlakuan panas.

4. Paduan Al-Mg

Paduan Al-Mg dikenal dengan nama *hidronalium*. Paduan ini, ketahanannya terhadap korosi sangat baik. Dengan 2-3 % Mg paduan menjadi mudah ditempa, dirol dan diekstrusi.

5. Paduan Al-Mg-Si

Pengerasan penuaan sangat jarang terjadi bila Al hanya dicampur sedikit dengan Mg. Dengan menambahkan Si, paduan dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan, sehingga mempunyai sifat:

- a. tahan korosi
- b. mempunyai mampu bentuk yang baik
- c. sangat liat
- d. kurang baik sebagai bahan tempaan

6. Paduan Al-Mg-Zn

Paduan ini dinamakan *duralumin super extra*. Paduan ini dapat dibuat menjadi sangat keras dengan penuaan setelah perlakuan

pelarutan. Dan mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi tegangan. Namun sifat yang tidak baik tersebut dapat dihilangkan dengan menambahkan 0,3 % Mn atau Cr. Kemudian dikembangkan paduan 7075, yang merupakan paduan dengan kekuatan paling tinggi diantara paduan-paduan lainnya, sehingga paduan ini paling banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang dan sebagian sebagai bahan konstruksi umum lainnya. Komposisi dari paduan 7075: Al ; 5,5 %Zn ; 2,5 %Mg ; 1,5 %Cu ; 0,3%Cr ; 0,2%Mn.

Paduan aluminium juga diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara. Paduan aluminium tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok umum, yaitu :

a. Paduan Aluminium tuang/cor (cast aluminium alloys)

- Paduan dengan perlakuan panas (heat treatable alloys)
- Paduan tanpa perlakuan panas (non heat treatable alloys)

Sistem penandaan untuk paduan aluminium tuang/cor (cast aluminium alloys) dapat dilihat pada tabel 2.1.

b. Paduan aluminium tempa (wrought aluminium alloys)

- Paduan dengan perlakuan panas (heat treatable alloys)
- Paduan tanpa perlakuan panas (non heat treatable alloys)

Sistem penandaan untuk paduan aluminium tempa (wrought aluminium alloys) dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 Klasifikasi paduan aluminium cor

Seri paduan	Unsur paduan utama
1xx.x	Al \geq 99 %
2xx.x	Cu
3xx.x	Si + Cu atau Mg
4xx.x	Si
5xx.x	Mg
6xx.x	tidak digunakan
7xx.x	Zn
8xx.x	Sn

Tabel 2.2 Klasifikasi paduan aluminium tempa

Seri paduan	Unsur paduan utama
1xx.x	Al \geq 99 %
2xx.x	Cu atau Cu + Mg
3xx.x	Mn
4xx.x	Si
5xx.x	Mg
6xx.x	Mg + Si
7xx.x	Zn + Mg atau Zn + Mg + Cu
8xx.x	Unsur lainnya

2.1.4. Pengaruh Unsur Paduan pada Aluminium

Perbedaan titik cair masing-masing unsur akan mempengaruhi sifat-sifat kekuatan bahan. Saat proses pembekuan berlangsung, perlu diusahakan keseragaman pembekuan untuk menghindari adanya cairan logam sisa yang terlambat membeku.

Pada proses pembentukan logam paduan (termasuk aluminium), ada tiga kemungkinan yang terjadi dan berpengaruh terhadap hubungan antar unsur dalam paduan tersebut, yaitu:

- a. unsur tidak saling mempengaruhi
- b. unsur tolak-menolak
- c. unsur tarik-menarik

Atom yang tidak dapat membentuk ikatan baik dengan aluminium akan terdispersi secara acak dalam struktur kristal berupa larutan padat substitusi atau larutan padat interstisi. Hal ini akan berpengaruh terhadap struktur paduan, sifat mekanis dan sifat lainnya. Apabila terdapat unsur tidak saling mempengaruhi, ikatan baik diakibatkan oleh perbedaan ukuran atom dan struktur elektron terlalu besar maupun oleh ketidakmampuan unsur tersebut membentuk ikatan baik dengan aluminium.

Bila atom unsur-unsur paduan menimbulkan gaya tarik-menarik, berbagai susunan dapat terbentuk. Gaya tarik-menarik yang besar menyebabkan ikatan ion atau ikatan kovalen menghasilkan ikatan kimia non-logam. Pada kasus demikian, hampir seluruh unsur tambahan yang bergabung dengan unsur utama membentuk senyawa tersendiri dalam

struktur mikro bahan dalam bentuk partikel-partikel. Senyawa kimia yang terbentuk dengan cara ini merupakan unsur penguat penting dalam paduan tersebut. Ikatan-ikatan ini stabil, karena gaya tarik-menarik antar atom pembentuknya sangat kuat.

Bila gaya tarik-menarik atom yang berbeda kurang kuat, maka ikatan logam akan terjadi, tetapi kemungkinan akan terjadi efek yang disebut efek pengaturan. Ada kecenderungan bagi atom tak sejenis dalam paduan untuk mengatur diri membentuk pola yang teratur, sehingga setiap atom yang larut dikelilingi oleh atom pelarut yang menariknya. Pengaturan yang meliputi beberapa kisi kristal disebut pengaturan jangka rendah, sedang pengaturan yang meliputi seluruh kisi kristal disebut pengaturan jangka panjang. Struktur yang diatur cenderung lebih kuat dan kurang ulet dibandingkan struktur acak karena distorsi dalam kristal yang ditimbulkannya.

Kecenderungan membentuk struktur yang teratur bergantung pada temperatur. Kecenderungan terkuat terjadi pada suhu yang lebih rendah dari titik cair. Mendekati titik cair akan terjadi struktur teratur acak.

Berikut ini unsur-unsur yang terkandung dalam Aluminium :

1. Silicon (Si)

Keuntungan dari unsur Silicon dalam paduan Aluminium :

- a. Mempermudah proses pengecoran
- b. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- c. Memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran

- d. Menurunkan penyusutan dalam hasil cor

Kerugian unsur Silicon adalah :

- a. Penurunan keuletan bahan terhadap beban kejut
- b. Hasil cor akan rapuh jika kandungan silicon terlalu tinggi

2. Tembaga (Cu)

Keuntungan unsur Cu :

- a. Meningkatkan kekerasan bahan
- b. Memperbaiki kekuatan tarik
- c. Mempermudah proses pengerjaan dengan mesin

Kerugian unsur Cu :

- a. Menurunkan daya tahan terhadap korosi
- b. Mengurangi keuletan bahan
- c. Menurunkan kemampuan dibentuk dan dirol

3. Mangan (Mn)

Keuntungan unsur Mangan (Mn):

- a. Meningkatkan kekuatan dan daya tahan terhadap temperatur tinggi
- b. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- c. Mengurangi pengaruh buruk unsur besi

Kerugian Unsur Mn :

- a. Menurunkan kemampuan penuangan
- b. Meningkatkan kekasaran butiran partikel

4. Magnesium (Mg)

Keuntungan unsur Magnesium :

- a. Mempermudah proses penuangan
- b. Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin
- c. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- d. Meningkatkan kekuatan mekanis
- e. Menghaluskan butiran kristal secara efektif
- f. Meningkatkan ketahanan terhadap beban kejut/impak

Sedangkan kerugian unsur Mg yaitu meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil cor.

5. Nikel (Ni)

Keuntungan unsur Ni :

- a. Meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap temperatur tinggi
- b. Menurunkan pengaruh buruk Fe (besi) dalam paduan
- c. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi

Unsur Nikel tidak menimbulkan kerugian dalam paduan.

6. Besi (Fe)

Keuntungan unsur Fe yaitu mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan selama proses penuangan.

Kerugian dari unsur Fe :

- a. Penurunan sifat mekanis
- b. Penurunan kekuatan tarik

- c. Timbulnya bintik keras pada hasil cor
- d. Peningkatan cacat porositas

7. Seng (Zn)

Keuntungan unsur Zn :

- a. Meningkatkan sifat mampu cor
- b. Meningkatkan kemampuan di mesin
- c. Mempermudah dalam pembentukan
- d. Meningkatkan keuletan bahan
- e. Meningkatkan kekuatan terhadap beban kejut/impak

Kerugian unsur Zn :

- a. Menurunkan ketahanan terhadap korosi
- b. Menurunkan pengaruh baik dari unsur besi
- c. Bila kadar Zn terlalu tinggi akan dapat menimbulkan cacat rongga udara

8. Titanium (Ti)

Keuntungan unsur Ti :

- a. Meningkatkan kekuatan hasil cor pada temperatur tinggi
- b. Memperhalus butir kristal pada permukaan
- c. Mempermudah proses penuangan

Kerugian unsur Ti yaitu menaikkan viskositas logam cair dan mengurangi fluiditas logam cair.

2.2. NaOH (Natrium Hidroksida)

Reaksi asam-basa merupakan salah satu reaksi kimia yang digunakan untuk menentukan jenis dan jumlah zat kimia yang terdapat dalam bahan kimia. Untuk menentukan basa digunakan larutan baku asam kuat, misalnya HCl, sedangkan untuk menentukan asam digunakan larutan baku basa kuat, misalnya NaOH. Larutan baku basa yang paling sering digunakan untuk pemeriksaan asam kuat adalah larutan natrium hidroksida (NaOH). Dalam larutan hidroksida, karbon dioksida (CO₂) berubah menjadi ion karbonat, sehingga kepekatan larutan hidroksida akan berubah.

Kepekatan larutan dapat dinyatakan dengan berbagai cara, tergantung dari satuan jumlah zat yang digunakan. Umumnya kepekatan larutan dinyatakan sebagai kemolaran, kenormalan, kemolalan, atau persen. Kemolaran menunjukkan jumlah mol zat yang terdapat dalam satu liter larutan, atau jumlah mmol zat yang terdapat dalam satu ml larutan, dan sering ditandai dengan huruf M. Untuk menentukan kepekatan suatu larutan²⁾ dapat diketahui dengan perhitungan di bawah ini:

misal: Jika 2 gram natrium hidroksida dilarutkan dalam air sampai volumenya 100 ml. (Catatan: bobot rumus NaOH = 40)

maka kemolaran larutan/kepekatan larutan dapat diketahui:

$$2 \text{ gram NaOH} = \frac{2}{40} \text{ mol} = 0,05 \text{ mol} = 50 \text{ mmol}$$

²⁾ Harrizul Rivai, Asas Pemeriksaan Kimia, hal 9

dilarutkan dalam air sampai volumenya 100 ml, maka kepekatan

$$\text{larutan NaOH tersebut} = \frac{50}{100} \text{ mmol/ml} = 0,5 \text{ mmol/ml}$$

atau sama dengan 0,5 M

Pada penelitian ini, NaOH dilarutkan dalam air dengan kandungan NaOH sebesar 5% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25% ; 30%. Maka kepekatan larutan dapat diketahui:

a) untuk 5% NaOH

dengan ketentuan \rightarrow 5 gram NaOH (bobot rumus NaOH = 40) dan

95 gram air = 95 ml air

$$5 \text{ gram NaOH} = \frac{5}{40} \text{ mol} = 0,125 \text{ mol} = 125 \text{ mmol}$$

maka kepekatan larutan NaOH =

$$\frac{125}{95} \text{ mmol/ml} = 1,3158 \text{ mmol/ml}$$

atau sama dengan 1,3158 M

b) untuk 10% NaOH

dengan ketentuan \rightarrow 10 gram NaOH (bobot rumus NaOH = 40) dan

90 gram air = 90 ml air

$$10 \text{ gram NaOH} = \frac{10}{40} \text{ mol} = 0,25 \text{ mol} = 250 \text{ mmol}$$

maka kepekatan larutan NaOH =

$$\frac{250}{90} \text{ mmol/ml} = 2,777 \text{ mmol/ml}$$

atau sama dengan 2,777 M

c) untuk 15% NaOH

dengan ketentuan → 15 gram NaOH (bobot rumus NaOH = 40) dan

85 gram air = 85 ml air

$$15 \text{ gram NaOH} = \frac{15}{40} \text{ mol} = 0,375 \text{ mol} = 375 \text{ mmol}$$

maka kepekatan larutan NaOH =

$$\frac{375}{85} \text{ mmol/ml} = 4,411 \text{ mmol/ml}$$

atau sama dengan 4,411 M

d) untuk 20% NaOH

dengan ketentuan → 20 gram NaOH (bobot rumus NaOH = 40) dan

80 gram air = 80 ml air

$$20 \text{ gram NaOH} = \frac{20}{40} \text{ mol} = 0,5 \text{ mol} = 500 \text{ mmol}$$

maka kepekatan larutan NaOH =

$$\frac{500}{80} \text{ mmol/ml} = 6,25 \text{ mmol/ml}$$

atau sama dengan 6,25 M

e) untuk 25% NaOH

dengan ketentuan → 25 gram NaOH (bobot rumus NaOH = 40) dan

75 gram air = 75 ml air

$$25 \text{ gram NaOH} = \frac{25}{40} \text{ mol} = 0,625 \text{ mol} = 625 \text{ mmol}$$

maka kepekatan larutan NaOH =

$$\frac{625}{75} \text{ mmol/ml} = 8,333 \text{ mmol/ml}$$

atau sama dengan 8,333 M

f) untuk 30% NaOH

dengan ketentuan → 30 gram NaOH (bobot rumus NaOH = 40) dan

70 gram air = 70 ml air

$$30 \text{ gram NaOH} = \frac{30}{40} \text{ mol} = 0,75 \text{ mol} = 750 \text{ mmol}$$

maka kepekatan larutan NaOH =

$$\frac{750}{70} \text{ mmol/ml} = 10 \text{ mmol/ml}$$

atau sama dengan 10 M

Keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya korosi, maka pada penelitian korosi terhadap aluminium ini, digunakan larutan NaOH dalam berbagai konsentrasi karena larutan NaOH merupakan larutan basa kuat dengan tingkat keasaman (pH) yang tinggi.

2.3. Pengujian Bahan

Pengujian bahan dimaksudkan untuk mengetahui sifat-sifat bahan itu sendiri. Sifat-sifat suatu bahan meliputi :

1. Sifat Mekanis
 - a. modulus elastisitas
 - b. tegangan elastisitas (proporsionalitas 0,2 % batas atas dan bawah)
 - c. tegangan tarik
 - d. beban patah
 - e. tegangan kelelahan
 - f. pengerasan

- g. keliatan
 - h. kecepatan “creep”
 - i. viskositas
 - j. kekerasan
 - k. tahanan keausan, dan lain-lain.
2. Sifat Kimia
- a. tahanan pada korosi
 - b. tahanan pada oksidasi
 - c. stabilitas reaktivitas
 - d. diagram keseimbangan, dan lain-lain.
3. Sifat Fisik :
- a. kerapatan
 - b. konduktivitas listrik
 - c. konduktivitas panas
 - d. panas spesifik
 - e. suhu dan panas laten transformasi
 - f. koefisien dilatasi
 - g. reflektivitas
 - h. emisivitas
 - i. energi permukaan
 - j. energi ikatan atom, dan lain-lain.

Sedangkan sifat-sifat penting yang dimiliki logam adalah sebagai berikut :

1. Malleability / dapat ditempa

Logam ini dapat dengan mudah dibentuk dengan suatu gaya, baik dalam keadaan dingin maupun panas tanpa terjadi keretakan, misalnya dengan hammer ataupun rol.

2. Ductility / dapat ditarik

Logam dapat dibentuk dengan tarikan tanpa menunjukkan gejala putus.

3. Toughness / sifat ulet

Kemampuan suatu logam untuk dibengkokkan beberapa kali tanpa mengalami keretakan.

4. Hardness / kekerasan

Ketahanan suatu logam terhadap penetrasi/penusukan logam lain.

5. Strength / kekuatan

Kemampuan suatu logam untuk menahan gaya yang bekerja atau kemampuan logam menahan deformasi.

6. Weldability

Kemampuan logam untuk dapat dilas, baik dengan las listik, karbid maupun gas.

7. Corrosion resistance / tahan korosi

Kemampuan logam untuk menahan korosi/karat akibat kelembaban udara, zat kimia dan lain-lain.



8. Machinability

Kemampuan logam untuk dikerjakan dengan mesin, misalnya dengan mesin bubut, mesin frais dan lain-lain.

9. Elasticity

Kemampuan logam untuk kembali ke bentuk semula tanpa mengalami deformasi plastis/permanen.

10. Britleness / kerapuhan

Sifat logam yang mudah retak dan pecah, sifat ini berhubungan erat dengan kekerasan/hardness dan merupakan kebalikan dari ductility.

Secara garis besar, pengujian mekanis terhadap benda uji dapat dibedakan atas pengujian bersifat merusak benda uji (destruktif) dan pengujian bersifat tidak merusak benda uji (non destruktif).

1. Pengujian yang bersifat merusak benda uji meliputi :

- a. uji tarik
- b. uji kejut (impact)
- c. uji geser
- d. uji lengkung
- e. uji puntir
- f. uji tekan
- g. uji kelelahan

2. Pengujian yang bersifat tidak merusak benda uji antara lain:

- a. uji magnetografis
- b. uji ultrasonik

c. uji radiografi

Dalam penelitian Tugas Akhir ini yang dilakukan adalah pengujian tarik dan pengujian struktur makro, maka untuk pengujian yang lain tidak dibahas dalam penulisan.

2.3.1. Pengujian Tarik

Benda uji dijepit pada mesin uji dengan pembebanan yang perlahan-lahan meningkat sampai suatu beban tertentu dan akhirnya benda uji patah. Beban tarik yang bekerja pada benda uji akan menimbulkan pertambahan panjang disertai pengecilan diameter benda uji. Perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang awal benda uji (L) disebut regangan (ϵ).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

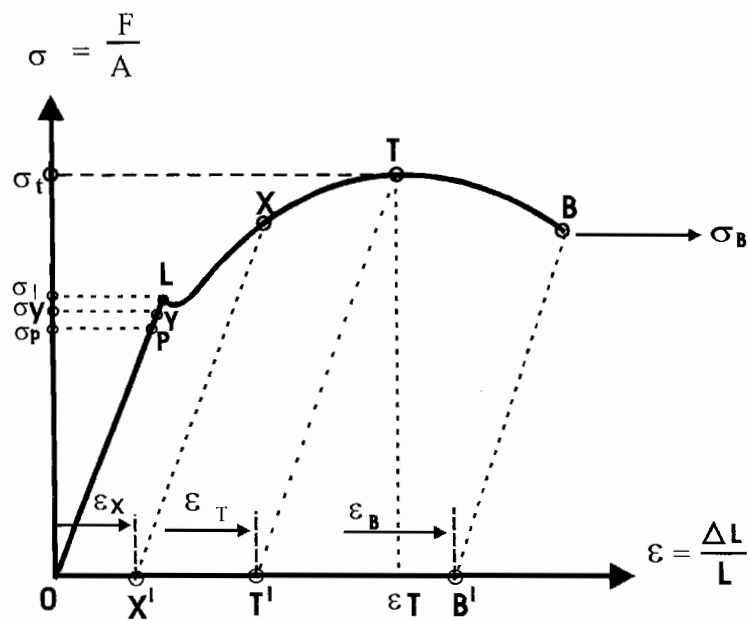
Perbandingan antara perubahan penampang setelah pengujian dan penampang awal disebut kontraksi (ϕ).

$$\phi = \frac{A_0 - A_f}{A_0}$$

dengan: A_0 = luas penampang awal benda uji

A_f = luas penampang akhir benda uji

Hubungan antara tegangan yang timbul σ ($\sigma = F/A$) dan regangan yang timbul (ϵ) selama pengujian dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Hubungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) uji tarik

Keterangan gambar 2.3:

σ_p = tegangan proporsional

σ_y = batas tegangan elastisitas (yielding stress)

σ_l = tegangan luluh

σ_t = kekuatan tarik maksimal

σ_B = tegangan patah

ϵ_X , ϵ_T , ϵ_B masing-masing merupakan regangan pada saat pembebanan pada titik-titik X, T, B (XX' // TT' // BB' // PO).

Tegangan pada titik P disebut tegangan batas proporsional (σ_p), yaitu tegangan tertinggi dimana *Hukum Hooke* masih berlaku .

$$\text{Hukum Hooke : } \Delta L = \frac{1}{E} \times \frac{F.L}{A} = \frac{F.L}{E.A}$$

Dengan mengambil $\sigma = \frac{F}{A}$ dan $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$, maka hukum Hooke diatas dapat

dinyatakan dalam bentuk : $\sigma = \varepsilon \times E$

Apabila beban tarik diperbesar sampai titik Y (pada pertambahan panjang ΔL), kemudian beban diturunkan sampai ke titik O (beban ditiadakan), maka benda uji akan kembali kepanjang semula (L). Tetapi bila pembebanan sudah berada diatas titik Y (dengan pertambahan panjang tertentu), kemudian diturunkan sampai ke titik O, maka benda uji tidak akan kembali kepanjang semula. Dalam hal ini benda uji telah mempunyai *regangan permanen* atau disebut juga *regangan plastis*. Dalam kondisi ini dapat disimpulkan bahwa titik Y merupakan *titik batas elastis* benda uji dan tegangan pada titik Y disebut batas tegangan elastis bahan (σ_y).

Tegangan tarik maksimum (σ_t) disebut juga *kekuatan tarik (tensile strength = ultimate stress)*, yang merupakan tegangan tertinggi yang dimiliki benda uji sebagai reaksi terhadap beban yang diberikan. Setelah titik T, tegangan turun dan akhirnya benda uji putus pada saat tegangan σ_B . Selama pembebanan berlangsung dari titik O sampai titik T, diameter benda uji mengecil secara seragam (terjadi penambahan panjang). Selama pembebanan berlangsung dari titik T sampai titik B, diameter benda uji berubah tidak seragam, melainkan terjadi pengecilan setempat lebih cepat

dibandingkan tempat lainnya. Pengecilan setempat ini disebut “*necking*” dan pada akhirnya benda uji putus pada daerah *necking* tersebut.

Sifat terhadap beban tarik:

1. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu bahan. Makin besar modulus, maka makin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Modulus elastisitas suatu bahan ditentukan oleh gaya ikat antar atom pada bahan tersebut. Karena gaya-gaya ini tidak dapat diubah tanpa terjadi perubahan mendasar pada sifat bahannya, maka modulus elastisitas merupakan salah satu dari sekian banyak sifat mekanik yang tidak dapat diubah. Sifat ini hanya sedikit berubah karena adanya penambahan paduan, perlakuan panas atau pengerjaan dingin. Modulus biasanya diukur pada suhu tinggi dengan metode dinamik. Nilai-nilai modulus elastisitas untuk logam teknik dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Harga modulus elastisitas bahan pada berbagai suhu

Modulus elastisitas (kg/mm^2) $\times 10^3$					
Bahan	Suhu kamar	400 F	800 F	1000 F	1200 F
Baja karbon	21,1	18,9	15,8	13,7	12,6
Baja tahan karat austenit	19,7	17,9	16,2	15,8	14,7
Paduan titanium	11,6	9,8	7,5	7,1	-
Paduan aluminium	6,7	6,7	5,5	-	-

Pada tegangan tarik rendah terdapat hubungan linier antara tegangan dan regangan dan disebut *daerah elastik*. Pada daerah ini berlaku hukum Hooke.

2. Batas proporsional

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

3. Batas elastis

Batas elastis adalah tegangan terbesar yang masih bisa ditahan oleh suatu bahan tanpa terjadi regangan sisa permanen yang terukur pada saat beban telah diiadakan. Dengan bertambahnya ketelitian pengukuran regangan, nilai batas elastiknya menurun hingga suatu batas yang sama dengan bahan elastik sejati yang diperoleh dengan cara pengukuran regangan mikro.

4. Kekuatan luluh

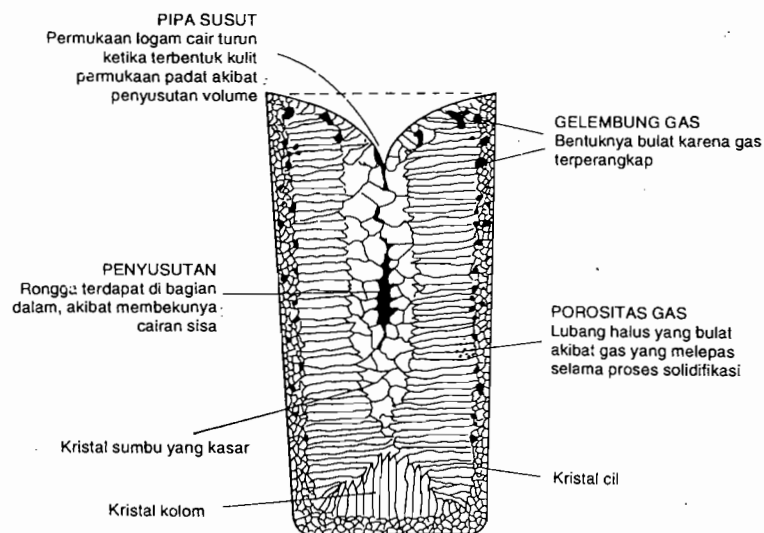
Kekuatan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan.

5. Tegangan tarik maksimum

Tegangan tarik maksimum adalah beban tarik maksimum yang dapat ditahan bahan sebelum putus.

2.3.2. Pengujian struktur makro

Struktur makro adalah ciri bahan yang dapat dilihat oleh mata, meskipun dalam praktek sering kali digunakan pembesaran hingga sepuluh kali. Tujuan utama pemeriksaan makro adalah untuk menampilkan rongga, inklusi, segregasi komposisi, struktur serat, deformasi, dan efek perlakuan panas setempat, yang semuanya mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat teknik bahan atau benda. Gambar 2.4 menunjukkan struktur ingot yang melukiskan berbagai gambaran makrostruktur.



Gambar 2.4 Struktur ingot

Sumber: Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan (E.J. Bradbury)

a) Rongga (kekosongan)

Ada dua penyebab utama terjadinya kekosongan, yaitu gelembung udara dan rongga susut. Gelembung gas mungkin terperangkap dalam logam yang dilebur atau yang dicor, dan gas meninggalkan larutan sewaktu logam didinginkan tetapi tidak sempat keluar sebelum terjadi pengerasan (solidifikasi).

Dua-duanya menghasilkan rongga berdinding halus. Rongga susut terjadi karena logam susut sewaktu membeku. Cairan yang terdapat di tengah cetakan dapat mengisi kekosongan di tempat lainnya. Bila hal ini tidak mungkin, maka akan terbentuk rongga. Perbedaan antara kedua jenis kekosongan tersebut ialah bahwa rongga susut mempunyai permukaan yang kasar dan cenderung intergranuler.

Rongga atau kekosongan dalam benda coran akan mengurangi penampang efektif benda dan melemahkannya. Selain itu, jika kekosongan sambung-menyambung, coran akan bersifat poreus (berlubang) sehingga mudah menyerap gas atau cairan.

b) Inklusi

Ketika logam membeku, kotoran bukan logam yang terdapat di dalamnya akan terperangkap. Kotoran tersebut dapat berupa partikel oksida halus yang terjadi selama pencairan atau gelembung ikatan mirip gelas yang digunakan untuk melindungi permukaan logam pada saat peleburan. Bahkan, kotoran dapat berbentuk kepingan keramik yang rontok dari atap atau dinding dapur. Inklusi ini dengan sendirinya akan melemahkan bahan, karena mengurangi daya tahan beban atau karena bertindak sebagai takik yang merupakan awal retak.

c) Segregasi

Segregasi adalah perubahan komposisi kimia secara bertahap pada penampang logam dan biasanya dijumpai pada coran. Pada skala

makro, variasi komposisi meliputi jarak beberapa milimeter bahkan sentimeter, dan umumnya dijumpai dalam tiga jenis bentuk, yaitu:

i. Segregasi gravitasi

Segregasi gravitasi didefinisikan sebagai pemisahan bertahap dari bahan akibat perbedaan berat jenis sewaktu proses pembekuan berlangsung. Segregasi gravitasi juga terjadi pada cairan yang tidak dapat bercampur, misalnya timbal dan paduan tembaga.

ii. Segregasi normal

Segregasi normal adalah pertambahan bertahap bagian yang mempunyai titik cair rendah, yang terhimpun dalam bagian terakhir coran yang akan membeku. Kristal padat yang pertamanya membeku kaya akan unsur paduan dengan titik cair tinggi. Ketika solidifikasi meningkat, bagian padat yang membeku meninggalkan cairan dengan perbandingan kandungan bahan bertitik cair rendah yang semakin besar.

iii. Segregasi inversi

Segregasi inversi merupakan kebalikan dari segregasi normal. Bagian bahan dengan titik cair rendah terdapat di bagian luar coran. Ketika solidifikasi mulai terjadi segregasi berlangsung secara normal, tetapi pada akhir solidifikasi, cairan yang kini kaya akan bahan dengan titik cair yang rendah terdesak keluar oleh butiran dendritik yang tumbuh. Hal ini disebabkan oleh tekanan di pusat yang bertambah menyebabkan pelepasan gas

secara tiba-tiba pada sisa cairan, aksi kapiler dalam ruang antar kristal kolum yang menyusut, serta kontraksi termal kulit luar yang sudah padat sehingga terjadi peningkatan tekanan pada cairan yang masih tersisa.

Bagian dengan titik cair rendah biasanya membentuk ikatan intermetalik yang rapuh, sehingga segregasi inversi pada permukaan ingot merupakan cacat yang sangat mengganggu. Akibatnya akan cukup parah apabila ingot dirol panas atau dingin. Bila segregasi tidak dihilangkan terlebih dahulu, mungkin akan terjadi retak selama pengerjaan lebih lanjut.

d) Struktur serat

Bila logam yang mengandung rongga (kekosongan), inklusi, dan segregasi diubah bentuk melalui pengerjaan panas atau dingin, diskontinuitas atau cacat tersebut akan ikut tertarik dalam arah pembentukan, dan terjadilah struktur serat yang mirip struktur serat kayu. Struktur serat tersebut tidak dapat dihilangkan sekaligus dengan perlakuan susulan.

2.4. Korosi

Korosi adalah kerusakan atau penurunan nilai guna akibat reaksi antara atau paduan logam dengan lingkungannya. Pada dasarnya, semua lingkungan bersifat korosif. Perbedaannya adalah antara lingkungan yang satu dengan yang lain adalah daya rusaknya terhadap suatu bahan.

Secara luas, korosi dapat juga didefinisikan sebagai reaksi kimia yang terjadi pada sejumlah logam ataupun logam campuran pada kondisi yang tidak sesuai, yang menyebabkan terjadinya penipisan, pengikisan, kerusakan atau lubang-lubang pada logam tersebut. Penyebabnya antara lain adalah kombinasi sejumlah faktor, seperti temperatur, kelembaban udara, udara terbuka, tegangan, kikisan tekanan atau kevakuman ataupun juga kontak dengan beberapa zat kimia. Sebagai contoh proses pengkaratan pada besi (bentuk korosi yang paling banyak dijumpai) disebabkan oleh tidak terlindungnya besi dari udara dan air.

Logam tersusun dari atom-atom yang membentuk suatu ikatan kimia. Unsur-unsur kimia inilah yang akan bereaksi dengan unsur yang berada dalam lingkungannya, sehingga timbullah suatu proses korosi.

2.4.1. Teori Umum

Logam jarang sekali mempunyai komposisi atau struktur yang betul-betul seragam (secara makroskopik maupun mikroskopik). Seringkali kita temukan adanya cacat atau suatu bentuk penyimpangan dari kisi-kisi kristal sempurna. Adanya cacat ini bisa menguntungkan, bisa pula merugikan terhadap sifat-sifat rekayasa logam. Sebagai contoh, gerak dislokasi mendatangkan sifat mulur yang bermanfaat, namun di pihak lain, cacat volume seperti retak misalnya, dapat menyebabkan logam patah ketika mengalami tegangan yang lebih rendah dari semestinya. Salah satu jenis cacat yang sangat nyata adalah batas butir, yang terbentuk akibat proses pembekuan. Jenis cacat lain adalah cacat dislokasi atau

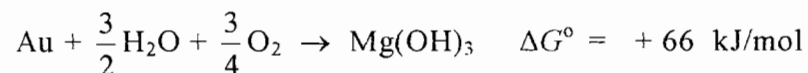
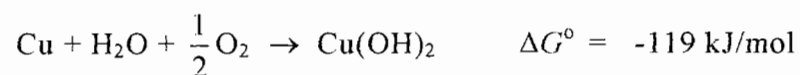
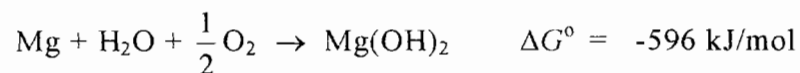
cacat titik, tetapi ini jarang terjadi. Setiap atom atau gugus atom yang tidak membentuk kisi kristal sempurna, secara teoritis akan mempunyai energi bebas lebih positif dan lebih mungkin terkena korosi. Proporsi atom-atom yang membentuk cacat biasanya kecil dibanding yang berada dalam posisi kisi normal, sehingga proses-proses korosi yang terjadi biasanya bersifat lokal namun kadang-kadang menusuk sangat dalam. Dalam hal ini logam akan kehilangan sebagian besar kekuatannya, dan ini dapat mengakibatkan kondisi yang berbahaya, terutama bila dijumpai pada komponen-komponen yang mengalami tekanan atau tegangan.

2.4.2. Aspek-aspek Termodinamika pada Reaksi-reaksi Korosi

Energi bebas merupakan faktor satu-satunya yang menentukan apakah korosi akan berlangsung secara spontan atau tidak. Semua interaksi antara unsur-unsur dan senyawa-senyawa ditentukan oleh perubahan-perubahan energi bebas yang ada³⁾. Agar reaksi berlangsung secara spontan, harus ada energi bebas yang dilepaskan. Dalam perlakuan ini, energi bebas setiap unsur dinyatakan sebagai G dan perubahan energi netto dalam suatu reaksi dinyatakan dengan ΔG . Perubahan-perubahan alami disertai peralihan dari keadaan energi tinggi ke yang lebih rendah, maka tanda *negatif* (-) untuk *energi yang diberikan*, dan tanda *positif* (+) untuk *energi yang diserap* oleh sistem. Jadi, agar reaksi spontan dapat berlangsung ΔG harus negatif.

³⁾Trethewey, KR dan Chamberlain. Korosi – Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan, hal 65

Pada temperatur kamar kebanyakan senyawa kimia logam mempunyai harga-harga G lebih rendah (lebih negatif) dibanding logam-logam murni. Kebanyakan logam mempunyai kecenderungan untuk mengalami korosi. Namun emas, platina, dan logam-logam mulia lain tidak mengalami korosi, karena emas, platina, dan logam-logam mulia lain mempunyai harga-harga ΔG° positif. Hal ini dapat diperhatikan pada reaksi-reaksi berikut dan perubahan energi bebas per mol yang menyertainya:

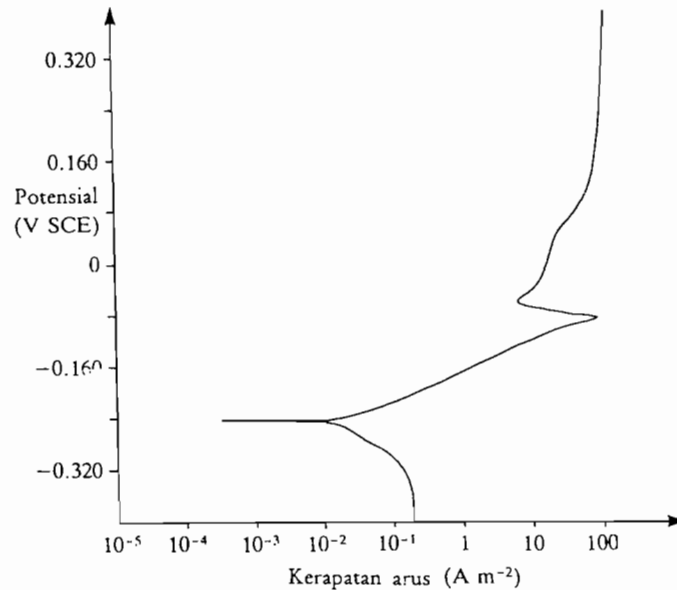


Simbol ($^\circ$) untuk menyatakan parameter-parameter pada 298 K dan tekanan 1 atmosfer, yakni parameter-parameter keadaan baku.

Dari reaksi di atas terlihat energi bebas dengan jelas menunjukkan bahwa tembaga dan magnesium mempunyai harga-harga ΔG° negatif, sedangkan emas positif. Jadi, termodinamika pada reaksi-reaksi korosi membuktikan bahwa tembaga dan magnesium (logam) mengalami korosi secara alami di udara bebas yang basah atau lembab, sedangkan emas (logam mulia) tidak.

Laju korosi dapat diukur menurut arus atau kerapatan arus, maka kita perlu mengamati perilaku korosi melalui pengeplotan $E/\log i$ (dengan E adalah potensial yang diukur dalam volt dan i adalah kerapatan arus

yang diukur dalam ampere/meter persegi). Grafik $E/\log i$ merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam penelitian perilaku korosi. Gambar 2.5 merupakan salah satu contoh pengulasan potensiodinamik untuk tembaga dalam larutan natrium klorida 3,5 persen.



Gambar 2.5 Grafik $E/\log i$

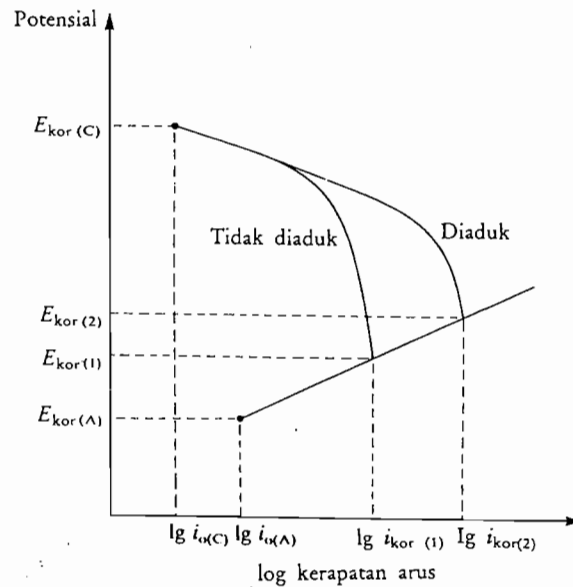
Sumber: Korosi-Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan (KR.Trethewey & J.Chamberlain)

Sudah menjadi kebiasaan untuk memplotkan semua kerapatan arus sebagai harga-harga positif. Hal ini hanya untuk memudahkan, karena ukuran grafik menjadi tidak terlalu besar dan dapat lebih menonjolkan harga potensial pada saat kerapatan arus berubah dari negatif ke positif. Perubahan ini menggambarkan keadaan ketika logam berada dalam kondisi terkorosi secara bebas.

Faktor lain penentu laju korosi adalah reaksi yang terjadi pada katoda. Ada dua reaksi katoda normal yang terjadi :

1. Pembentukan hidrogen (terjadi dalam larutan dengan $\text{pH} < 7$)
2. Pengurangan oksigen (larutan dengan $\text{pH} \geq 7$)

Dalam suatu gabungan tanpa reaksi reduksi logam pada katodanya, difusi oksigen ke katoda sering menjadi faktor yang mengendalikan laju korosi. Hal ini dikarenakan konsentrasi oksigen ($0,001 \text{ mol dm}^{-3}$ dalam larutan yang jenuh dengan udara) dan koefisien difusi ($10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$) relatif kecil. Jika larutan diaduk, maka arus meningkat, begitu pula laju korosi juga akan meningkat. Gambar 2.6 menjelaskan efek pengendalian katodik oleh reduksi oksigen dan memperlihatkan bagaimana laju korosi meningkat bila larutan diaduk.



Gambar 2.6 Pengaruh pengadukan pada laju korosi dalam sel galvanik.
Sumber: Korosi-Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan (KR. Trethewey & J. Chamberlain)

2.4.3. Jenis-jenis Korosi

Beberapa bentuk korosi khusus⁴⁾ yang timbul akibat faktor metalurgi diantaranya adalah:

1. Korosi batas butir

Kebanyakan logam-logam yang diproduksi secara besar-besaran untuk keperluan rekayasa memiliki cacat volume. Bahkan logam murni yang bebas dari semua cacat dari proses produksi masih dapat mengalami serangan korosi selektif pada batas-batas butir. Ketidaksesuaian struktur kristal tersebut menyebabkan atom-atom secara termodinamik kurang mantap dibanding atom-atom pada kedudukan kisi sempurna, dan mempunyai kecenderungan lebih besar untuk terkorosi. Penelitian tentang struktur butir suatu logam atau paduan dapat dilakukan dengan menggosok spesimen sampai permukaannya betul-betul licin (halus). Pada tahap ini, permukaan logam belum menunjukkan adanya topografi. Kemudian permukaan logam diolesi dengan zat cair yang mempunyai sifat korosif lunak. Serangan terjadi pada batas-batas butir, sementara bagian yang lain tidak begitu terpengaruh. Korosi batas butir dapat diamati setelah dilakukan pengetsaan (etching) yang menggambarkan struktur butir dan mudah diamati karena pantulan berkas-berkas cahaya yang tidak seragam.

⁴⁾ Ibid, hal 122

2. Korosi intergranuler

Korosi intergranuler terjadi bila daerah batas butir terserang akibat adanya endapan di dalamnya. Batas butir sering menjadi tempat yang lebih disukai untuk proses-proses pengendapan (*precipitation*) dan pemisahan (*segregation*) yang teramati pada banyak paduan. Pisahan dan endapan berbeda hanya dari cara pembentukannya. Dalam kaitan dengan korosi keduanya secara fisik boleh dianggap berbeda dari bahan. Bahan-bahan asing yang terdapat dalam struktur logam ada dua macam, yaitu:

a. Logam antara (unsur antara / intermetalik):

Yaitu unsur-unsur yang terbentuk dari atom-atom logam, bila bersifat anoda atau katoda terhadap logam utama.

b. Senyawa:

Yaitu bahan yang terbentuk dari logam dan unsur-unsur bukan logam, seperti hidrogen, karbon, silikon, nitrogen, dan oksigen. Sebagai contoh besi karbida dan mangan sulfida bersifat katoda terhadap ferit.

Pada prinsipnya, setiap logam yang mengandung logam antara atau senyawa pada batas-batas butirnya akan rentan terhadap korosi intergranuler. Hal ini paling sering dialami oleh baja nirkarat austenitik, tetapi dapat juga terjadi pada baja nirkarat feritik dan baja nirkarat dua-fase, serta paduan-paduan tahan korosi berbasis nikel.

Paduan-paduan aluminium bisa terserang korosi intergranuler dengan parah. Pengendalian endapan baik pada batas-batas butir maupun dalam butir-butir sangat menentukan kekuatan. Dua endapan yang umum adalah CuAl_2 , FeAl_3 (keduanya katodik) dan Mg_5Al_8 , MgZn_3 (bersifat anoda terhadap logam di sekitarnya). Keberadaan unsur-unsur ini baik anodik maupun katodik, membentuk sel-sel galvanik lokal yang sangat kecil bila ada elektrolit. Jika endapan bersifat anoda, bahan larut dan meninggalkan pori-pori. Tetapi jika endapan bersifat katoda, logam di sekelilingnya yang akan terserang korosi.

Korosi intergranuler ini dapat terjadi pada beberapa paduan seng cetak-tuang, timbal, tetapi paling jelas terjadi pada kelompok baja nirkarat austenitik yang sering disebut peluruhan las atau *weld decay* (sering dijumpai pada bahan-bahan yang dilas). Keberadaan kromium (>12 persen) dalam baja memperbaiki ketahanannya terhadap korosi dan menjadikannya baja nirkarat. Jika bahan tersebut kemudian dipanaskan, terutama dalam rentang 600-800 °C karbida cenderung mengendap pada batas-batas butir. Pengendapan kromium karbida ini menyebabkan berkurangnya kromium, sehingga di sekitar endapan tidak antikarat lagi. Dibanding butir-butir yang lain, bagian yang mengalami pengurangan kromium sangat anodik. Jika logam ini bertemu dengan elektrolit, maka batas butir yang paling dekat akan terserang korosi. Baja nirkarat dimantapkan (*stablised stainless steel*) digunakan untuk paduan yang tidak rentan terhadap korosi

intergranuler. Sebagai contoh Fe, 18Cr, 8Ni dimantapkan dengan menambahkan sedikit titanium atau niobium. Unsur-unsur ini dalam jumlah yang cukup akan lebih dahulu membentuk karbida dibanding kromium, dan akibatnya daerah batas butir tidak akan kehilangan kromium. Biasanya penambahan titanium atau niobium sekitar 5-10 kali lebih banyak dari karbon yang ada, agar tidak ada kromium yang terbentuk.

3. Korosi logam tak sejenis

Korosi logam tak sejenis (*dissimilar metals*) juga disebut korosi dwilogam atau korosi galvanik, yaitu korosi akibat dua logam tak sejenis yang tergendeng (*coupled*) membentuk sebuah sel korosi basah sederhana. Contoh bentuk korosi ini misalnya pada baut-baut kuningan yang terpasang pada sebuah mobil dalam beberapa minggu telah meretakkan lapisan cat di sekitar baut-baut tersebut.

Bahan sangat mulia dan merupakan penghantar listrik (misalnya grafit) sering menyebabkan berbagai korosi galvanik. Dalam bentuk amorfnya (misalnya grafit), karbon adalah penghantar listrik yang baik yang memungkinkan pembentukan sel korosi galvanik. Pengendapan jelaga dari cerobong asap di permukaan logam mempunyai akibat yang buruk, bahkan pelepasan sulfur oksida yang biasanya menyertai jelaga menyebabkan hujan asam. Aksi galvanik yang terjadi akibat hujan asam sangat cepat dan merugikan. Kombinasi logam tak sejenis masih memungkinkan untuk kita gunakan dengan pertimbangan bahwa efek

kerugiannya relatif kecil (misalnya aluminium dan baja). Logam-logam yang dalam deret galvanik terpisah cukup jauh tidak boleh digabungkan (misalnya besi dan tembaga).

4. Korosi lubang

Korosi lubang adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang bagian permukaan logam yang:

- a. Selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik.
- b. Mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau slip yang disebabkan oleh tegangan tarik yang dialami atau tersisa.
- c. Mempunyai komposisi heterogen dengan adanya inklusi, segregasi atau presipitasi.

5. Korosi celah (crevice corrosion)

Korosi celah adalah korosi yang terjadi karena sebagian permukaan logam terhalang atau terasing dari lingkungan dibanding bagian lain logam yang menghadapi elektrolit dalam volume besar. Korosi celah ini terjadi karena pecahnya lapisan pasif setempat karena pengurangan pH atau keasaman pada permukaan kontak dengan benda lain.

6. Retakan korosi tegangan

Retakan korosi tegangan adalah retakan oleh korosi lokal karena pecahnya lapisan pasif akibat tegangan tarik. Terjadinya retakan korosi tegangan ini bersamaan dengan korosi lubang. Lingkungan yang berpengaruh kuat terhadap terjadinya korosi ini adalah yang mengandung klorida, sulfida, air pada suhu dan tekanan tinggi, soda

kalistik. Pengujian retakan korosi tegangan biasanya dilakukan dengan pembebanan benda uji dalam larutan magnesium (42%) yang mendidih.

7. Korosi erosi

Korosi erosi adalah bentuk korosi yang timbul ketika logam terserang akibat gerak relatif antara elektrolit dan permukaan logam. Meskipun proses-proses elektrokimia juga berlangsung, banyak contoh bentuk korosi ini yang terutama disebabkan oleh efek-efek mekanik seperti pengausan, abrasi dan gesekan. Logam-logam lunak khususnya mudah terkena serangan macam ini, misalnya tembaga, kuningan, aluminium murni, dan timbal, tetapi kebanyakan logam lain juga rentan terhadap korosi erosi, namun dalam kondisi-kondisi aliran yang tertentu.

2.4.4. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi

Korosi didefinisikan sebagai reaksi kimia yang terjadi pada sejumlah logam ataupun logam campuran pada kondisi yang tidak sesuai, yang menyebabkan terjadinya penipisan, pengikisan, kerusakan atau lubang-lubang pada logam tersebut. reaksi antara logam dan lingkungannya. Dalam hal ini ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi, diantaranya:

1. Lingkungan yang selalu berubah

Komponen-komponen akan menghadapi berbagai macam lingkungan, baik selama tahapan-tahapan dalam proses pembuatan, pemindahan dan penyimpanan. Jika komponen atau struktur tersebut bersifat mobil (selalu berpindah tempat), maka perubahan kondisi yang akan dialami

bahkan lebih banyak lagi. Laju korosi atau perusakan lapisan pelindung yang diberikan kepada logam akan dipengaruhi oleh perubahan-perubahan faktor sebagai berikut:

- a) kelembaban relatif
- b) temperatur
- c) pH (keasaman)
- d) konsentrasi oksigen
- e) konsentrasi
- f) kecepatan elektrolit

Kerusakan oleh korosi selama penyimpanan dapat disebabkan oleh kondisi-kondisi lokal di dalam kotak-kotak pengemasan dan dalam gudang-gudang penyimpanan, dalam sistem-sistem seperti mesin bensin atau diesel berpendingin air, atau dalam ketel-ketel dan kondenser-kondenser di pusat pembangkit listrik yang sedang diistirahatkan. Hal ini juga bisa dialami oleh komponen-komponen yang ditaruh bertumpuk-tumpuk dalam gudang yang peredaran udara bebasnya terhalang. Perubahan-perubahan cuaca yang umum juga menjadi penyebab kerusakan di gudang-gudang yang tidak dilengkapi sarana pengatur kelembaban. Kabut dan pengembunan serta hujan juga bisa mendatangkan bahaya korosi dari udara akibat kelembaban relatif yang tinggi.

Variasi-variasi kondisi lingkungan sedapat mungkin harus sudah diidentifikasi sejak tahapan perancangan. Upaya pengendalian korosi

harus dilakukan menjelang serta selama tahapan pelayanan, tetapi perlindungan khusus juga diperlukan selama menghadapi kondisi-kondisi buruk, meskipun hanya sementara, dalam tahapan-tahapan produksi, pemindahan atau penyimpanan.

2. Tanah

Laju korosi pada logam yang ditanam dalam tanah kering dapat diabaikan. Namun demikian, bila kandungan butir-butir air meningkat, laju korosi logam yang terkubur itu ditentukan oleh konduktivitas, pH, kandungan oksigen, konsentrasi ion agresif dan aktivitas biologis dalam tanah. Jenis tanah (pasir, silt atau lempung) dan harga-harga parameter tadi bisa sangat bervariasi. Jaringan pipa panjang atau pipa sumur minyak dan gas yang dalam biasanya melewati jenis-jenis tanah yang berbeda, yang membentuk anoda-anoda serta katoda-katoda pada permukaan logam, yang satu sama lain sering terpisah jauh. Kehantaran dan pH bergantung pada kandungan mineral tanah dan ion-ion yang terbasuh ke dalamnya. Pupuk yang tersebar di sawah dan ladang, atau garam anti pembekuan yang tercuci dari jalan-jalan akan berpengaruh terhadap korosivitas tanah di sekelilingnya. Struktur di bawah tanah biasanya dilindungi dengan lapisan penghalang, cat, aspal atau beton atau dengan cara proteksi katodik.

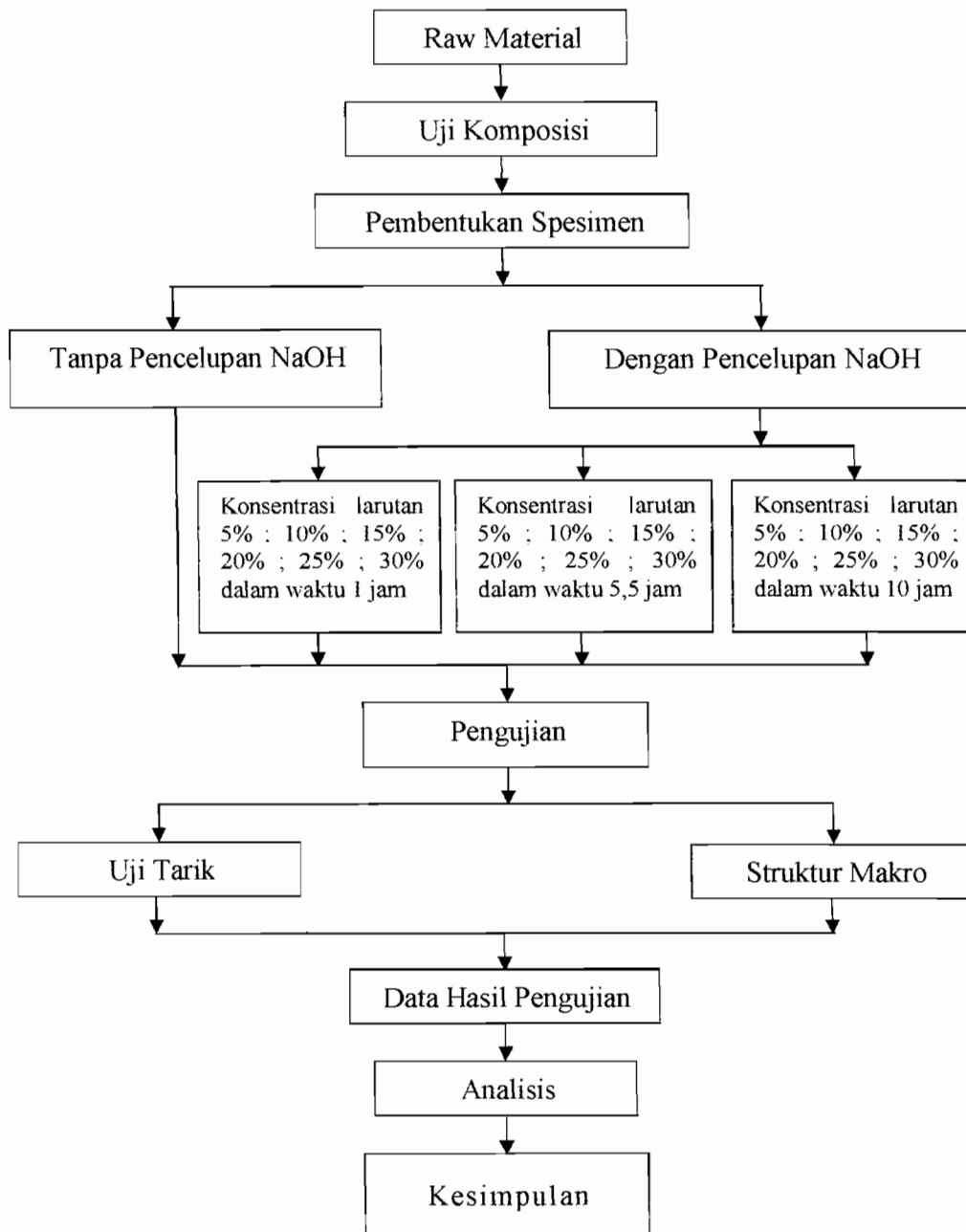
3. Air

Adanya air yang mungkin berasal dari hujan, kabut atau pengembunan (dengan kelembaban relatif yang tinggi) bisa mendatangkan korosi karena membasahi seluruh permukaan termasuk yang tersembunyi. Lapisan-lapisan tipis air dari kabut dan embun tidak akan mengalir dan akan tetap di situ sampai menguap oleh hembusan angin atau meningkatnya temperatur. Jika hujan gerimis atau percikan air jatuh ke permukaan baja yang tidak terlindung, cincin-cincin karat akan segera terlihat sesudah air menguap. Setiap tetes air bertindak sebagai sebuah sel aerasi-diferensial, dan cincin karat terbentuk di tempat ion-ion besi dari anoda bertemu dengan ion-ion hidroksil yang dibangkitkan di katoda. Jika permukaan mempunyai sistem drainase yang baik atau mendapatkan ventilasi yang cukup, sehingga butir-butir air lekas kering, kerusakan akibat korosi akan minimum. Bahkan pada permukaan yang dicat, kerusakan masih bisa terjadi bila butir-butir air menetap cukup lama. Lapisan cat di bawah butiran air bisa rusak, dan ini akan diikuti korosi lubang pada pusat butiran. Kerusakan lebih besar sering dijumpai pada permukaan struktur bagian bawah yang ventilasinya kurang baik. Butiran air akan menetap di situ, bahkan makin besar sampai akhirnya jatuh karena gravitasi dan butiran lain muncul lagi di tempat yang sama. Korosi parah akibat keadaan ini sering dijumpai pada bagian bawah tangki-tangki air, balok-balok baja, dan sebagainya.

BAB III

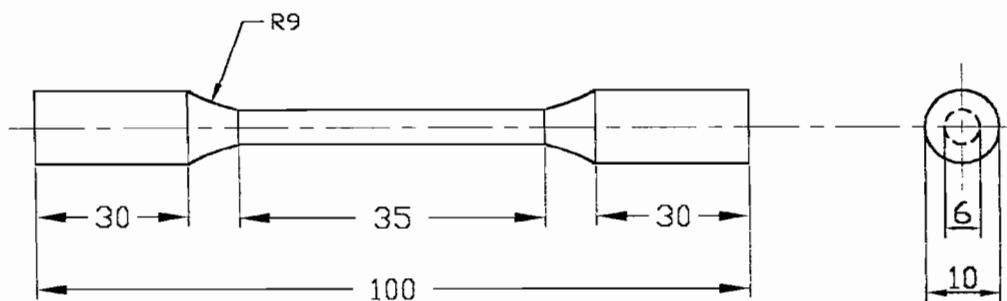
PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



3.2. Penyediaan Bahan

- Material : Aluminium (batang silinder)
- Ukuran Material :
 1. Batang silinder mula-mula dengan diameter (d) = 12mm
 2. Batang silinder aluminum dibentuk dengan pembubutan untuk spesimen sebanyak 57 buah (3 buah tanpa pencelupan, 54 buah dengan pencelupan dalam larutan NaOH dalam prosentase dan waktu tertentu), dengan ukuran (gambar 3.1):
 - diameter dalam (d) = 6 mm
 - diameter luar (D) = 10 mm
 - panjang keseluruhan (L) = 100 mm



Gambar 3.1 Spesimen uji tarik standar

- Media pencelupan yang terbuat dari kaca, agar proses pemanasan/radiasi pada suhu awal (40°C) dapat berlangsung dengan baik.
- Bola lampu 2,5 watt sebanyak 4 buah.
- Larutan NaOH (natrium hidroksida) dengan konsentrasi larutan 5% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25% ; 30%. Total massa untuk tiap larutan 100 gram.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

3.3.1. Uji Komposisi

Sebelum benda uji dicelupkan dalam larutan NaOH, dilakukan uji komposisi untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terdapat dalam aluminium. Uji komposisi ini dilakukan di Laboratorium *Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian*, Jalan Cendana 15 Yogyakarta. Hasil dari uji komposisi ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Hasil uji komposisi

Unsur	Kandungan (dalam satuan % berat)
Al	89,77
Si	0,51
Fe	0,64
Mg	0,21
Cu	0,81
Zn	4,35

3.3.2. Proses Pelarutan NaOH

Mula-mula kita menyiapkan NaOH dan air (aquades) untuk ditimbang. Total massa untuk tiap larutan 100 gram. Untuk 5 gram NaOH dilarutkan dalam 95 gram air, 10 gram NaOH dilarutkan dalam 90 gram air, 15 gram NaOH dilarutkan dalam 85 gram air, 20 gram NaOH dilarutkan dalam 80 gram air, 25 gram NaOH dilarutkan dalam 75 gram air, dan 30 gram NaOH dilarutkan dalam 70 gram air. Proses penimbangan NaOH dan air (aquades) ini dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Pada saat NaOH dilarutkan dalam air (aquades) akan terjadi kenaikan temperatur. Kenaikan temperatur ini terjadi pada awal pelarutan (\pm 10-15 menit) dan perlahan-lahan temperatur akan turun hingga keadaan konstan. Kenaikan temperatur bervariasi, tergantung pada tingkat konsentrasi larutan, semakin tinggi tingkat konsentrasi maka semakin tinggi pula kenaikan temperatur.

3.3.3. Proses Pencelupan Aluminium dalam Larutan NaOH

Sebelum aluminium dicelupkan, larutan NaOH dalam media dipanaskan hingga suhu mencapai 40°C dan dijaga konstan (\pm 15-20 menit). Setelah suhu dalam keadaan konstan, material yang telah dibentuk (spesimen) dicelupkan dalam larutan NaOH. Banyaknya spesimen yang dicelupkan dalam larutan NaOH untuk masing-masing konsentrasi adalah 3 buah. Proses pencelupan ini dilakukan selama 1 jam, 5,5 jam dan 10 jam dengan suhu awal larutan 40°C.

Setelah melalui proses pencelupan dalam larutan NaOH, aluminium dibersihkan dengan air biasa dan kemudian dilakukan pengujian selanjutnya.

3.3.4. Pengujian Tarik

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tegangan, regangan dan elastisitas.

Pada pengujian tarik ini, benda uji/spesimen dijepit pada mesin uji tarik (gambar 3.2) dengan pembebanan perlahan-lahan dan meningkat sampai suatu beban tertentu hingga akhirnya benda uji patah.

Prosedur dari pengujian tarik:

- a. Ukuran benda uji dicatat sampai ketelitian 0,1 mm.
- b. Benda uji dipasang pada grip (penjepit) atas dan bawah pada mesin uji. Grip bawah dinaikkan atau diturunkan dengan kecepatan rendah (5-10 mm/menit) hingga penjepitan benda uji dalam posisi yang tepat. Kedudukan benda uji diusahakan betul-betul vertikal dan kedua penjepitnya dikencangkan secukupnya saja.
- c. Panel pengaturan diatur sebagai berikut:
 1. Pada "Operation Control System", kecepatan uji (test speed) diatur pada harga 5 mm/menit.
 2. Pada "Load Indicator", sebelum POWER dihidupkan, switch-switch (berjejer di sebelah kiri bawah) satuan dan besaran diatur, antara lain:

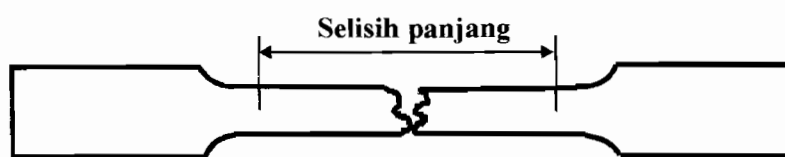
- a. satuan gaya (kg)
 - b. satuan luas (cm²)
 - c. angka tampilan pada data display, pada Force
 - d. jenis pengujian, pada Tension
 - e. kondisi pengujian, pada Break
- POWER dihidupkan dan kemudian:
- f. tombol anak panah bawah (↓) ditekan berkali-kali sampai lampu MAX LOAD menyala.
 - g. tombol ZERO ditekan kemudian harga gaya tarik maksimum yang digunakan dimasukkan.
 - h. tombol anak panah bawah (↓) ditekan sampai lampu AREA menyala, dan tekan tombol ZERO. Besarnya luas penampang mula-mula benda uji dimasukkan sesuai dengan satuan yang digunakan (dua angka di belakang koma).
3. Data-data yang dimasukkan dengan menekan tombol (↓) atau (↑) diperiksa kembali sampai lampu item yang akan diperiksa menyala dan tampilan pada DATA DISPLAY diperhatikan.
 4. Tombol AREA START ditekan dua kali hingga lampu START menyala.
 5. Selesai pengujian tombol [PRINT] ditekan untuk pengeluaran hasil berbentuk grafik.



Gambar 3.2 Mesin uji tarik (Testing Machine)

Tegangan diartikan gaya tiap satuan-luas. Untuk menghitung tegangan, gaya dibagi luas penampang-batang.

$$\text{tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas penampang awal}} \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{F}{A_0}$$



Gambar 3.3 Bentuk patahan pada benda uji

Perpanjangan/Elongation (ϵ) diartikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang seluruhnya diukur pada batang uji setelah patah terhadap panjang semula batang uji.

$$\text{perpanjangan} = \frac{\text{perpanjangan}}{\text{panjang semula}} \times 100\% \quad \text{atau} \quad \epsilon = \frac{L_F}{L} \times 100\%$$

Spesimen yang diuji sebanyak 57 spesimen, dengan 3 spesimen tanpa mengalami pencelupan dalam larutan NaOH, dan 54 spesimen yang telah mengalami pencelupan dalam larutan NaOH.

3.3.5. Pengujian Struktur Makro

Salah satu tujuan dari pengujian struktur makro adalah pemeriksaan adanya cacat/kerusakan pada benda uji dilihat secara transparan, meskipun dalam praktek sering kali digunakan pembesaran hingga lima kali (tanpa bantuan alat pembesar). Dalam penelitian korosi ini, pengujian stuktur makro dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kerusakan (pemakanan) benda uji aluminium akibat reaksi dengan larutan NaOH dengan tingkat konsentrasi yang bervariasi.

Tujuan lain dari pengujian ini adalah pemeriksaan dengan jalan mengetsa dan pembesaran struktur kristal, segregasi dan pengujian patahan (dimana bahan dinilai dari besar butir kristal, warna dan mengkilatnya patahan dari benda uji yang dipatahkan).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji komposisi

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui zat-zat yang terkandung (paduan) pada aluminium. Berikut ini adalah tabel hasil komposisi kimia yang diberikan oleh Laboratorium *Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian*, Jalan Cendana 15 Yogyakarta:

Tabel 4.1 Hasil uji komposisi

Unsur	Kandungan (dalam satuan % berat)
Al	89,77
Si	0,51
Fe	0,64
Mg	0,21
Cu	0,81
Zn	4,35

Dari data komposisi kimia tersebut, maka bahan ini termasuk aluminium paduan Zn (seng).

4.2. Perubahan diameter

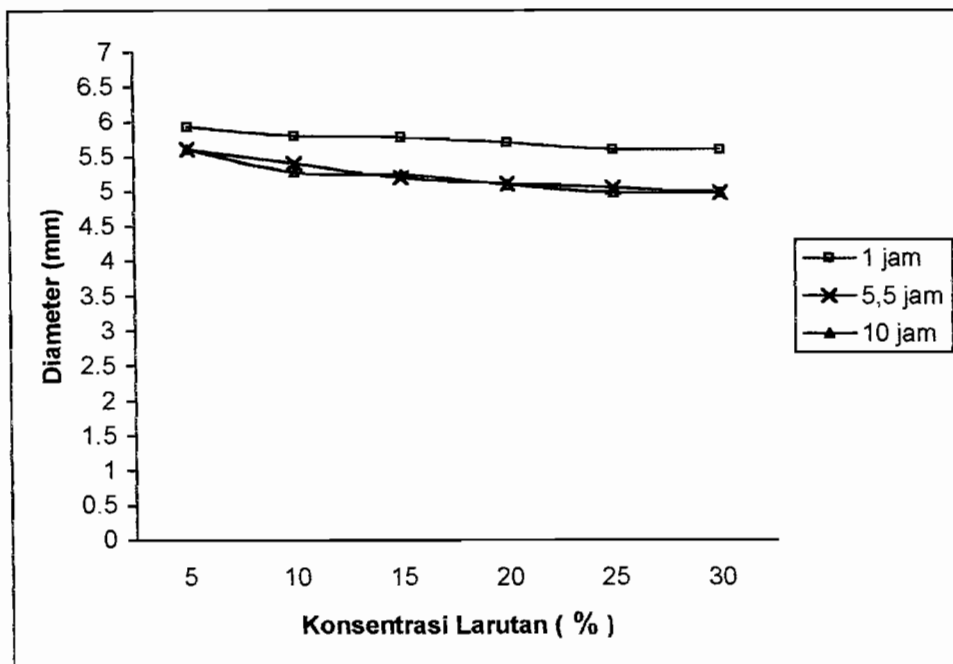
Perubahan diameter terhadap benda uji terjadi setelah benda uji mengalami pencelupan dalam larutan NaOH.

4.2.1. Data hasil perubahan diameter

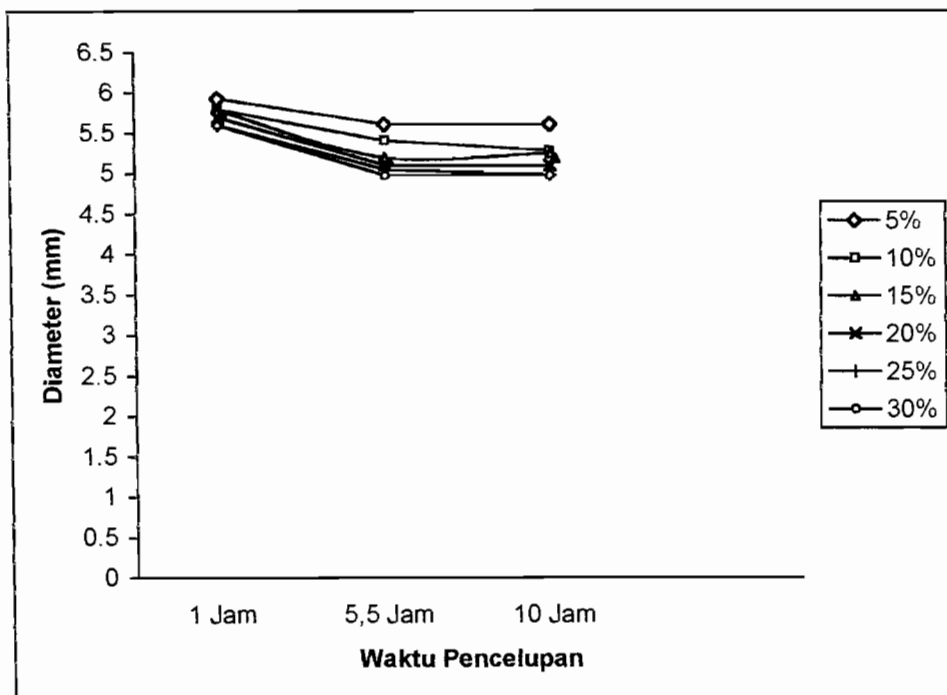
Tabel 4.2 Perubahan diameter

Diameter (mm)				
No	Kondisi	Waktu		
		1 jam	5,5 jam	10 jam
1	Mula-mula	6	6	6
2		6	6	6
3		6	6	6
Rata-rata		6	6	6
1	5 %	5,95	5,55	5,55
2		5,95	5,5	5,65
3		5,9	5,8	5,65
Rata-rata		5,93	5,616	5,616
1	10 %	5,9	5,35	5,25
2		5,75	5,35	5,3
3		5,75	5,55	5,3
Rata-rata		5,8	5,416	5,283
1	15 %	5,75	5,3	5,3
2		5,85	5,15	5,1
3		5,75	5,15	5,35
Rata-rata		5,78	5,2	5,25
1	20 %	5,75	4,9	5,25
2		5,7	5,3	5
3		5,65	5,15	5,05
Rata-rata		5,7	5,116	5,1
1	25 %	5,6	5,3	5,1
2		5,65	4,85	4,9
3		5,55	5	4,95
Rata-rata		5,6	5,05	4,983
1	30 %	5,65	5	5
2		5,55	5,1	4,95
3		5,7	4,85	5
Rata-rata		5,6	4,983	4,983

4.2.2. Grafik hasil perubahan diameter



Gambar 4.1 Grafik konsentrasi larutan terhadap perubahan diameter



Gambar 4.2 Grafik waktu pencelupan terhadap perubahan diameter

4.2.3. Pembahasan hasil perubahan diameter

Data dan grafik perubahan ukuran diameter setelah benda uji mengalami pencelupan dalam lingkungan NaOH, menunjukkan bahwa konsentrasi larutan NaOH dan lamanya waktu pencelupan mempengaruhi terjadinya korosi, hal ini terlihat pada ukuran rata-rata diameter benda uji yang semakin mengecil. Semakin tinggi tingkat konsentrasi, semakin besar pula pengurangan ukuran diameter. Begitu pula dengan lama waktu pencelupan benda uji dalam lingkungan larutan NaOH. Semakin lama waktu pencelupan, semakin besar pula pengurangan ukuran diameter.

Pada tingkat konsentrasi yang sama dengan waktu pencelupan yang berbeda, terlihat bahwa pengurangan ukuran diameter semakin lama semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh larutan jenuh yang dialami larutan NaOH.

4.3. Pengujian tarik

4.3.1. Data hasil penelitian dan perhitungan uji tarik

Perhitungan hasil penelitian:

diketahui: $d = 6 \text{ mm}$

$L_0 = 35 \text{ mm}$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

dengan:

$d =$ diameter benda uji (mm)

$L_0 =$ panjang mula-mula sebelum ditarik (mm)

$L_1 =$ panjang sesudah ditarik (mm)

$\Delta L =$ pertambahan panjang (mm)

$A =$ luas penampang (mm²)

$\varepsilon =$ elongation (%)

$F_t =$ beban maksimum (kg)

$F_b =$ beban patah (kg)

$\sigma_t =$ tegangan tarik maksimum (kg/mm²)

$\sigma_b =$ tegangan patah (kg/mm²)

Dari rumus tersebut, maka dapat dihitung regangan dan tegangan tarik pada benda uji (hasil perhitungan tercantum pada tabel di bawah).

Tabel 4.3 Hasil pengujian tarik dan perhitungan pada aluminium kondisi awal

No	Kondisi	d (mm)	Lo (mm)	L ₁ (mm)	ΔL (mm)	F _t (kg)	F _b (kg)	σ_t (kg/mm ²)	σ_b (kg/mm ²)	ϵ (%)
1	Mula - mula	6	35	43,6	8,6	348,5	246,7	12,325	8,725	24,5
2		6	35	43	8	381,9	272,7	13,507	9,644	22,8
3		6	35	43,1	8,1	385,8	275,5	13,644	9,744	23,1
Rata-rata						372,1	264,9	13,158	9,371	23,4

Tabel 4.4 Hasil pengujian tarik dan perhitungan dengan waktu pencelupan 1 jam

No	Kondisi	Lo (mm)	L ₁ (mm)	ΔL (mm)	d (mm)	A (mm)	F _i (kg)	F _b (kg)	σ _i (kg/mm ²)	σ _b (kg/mm ²)	ε (%)
1	5%	35	42,7	7,7	5,95	27,805	346,4	249,9	12,458	8,987	22
2		35	42,5	7,5	5,95	27,805	348,2	254,1	12,522	9,138	21,4
3		35	42,2	7,2	5,9	27,339	336,4	240,8	12,304	8,807	20,5
Rata-rata					5,93	27,649	343,6	248,2	12,428	8,977	21,3
1	10%	35	43,1	8,1	5,9	27,339	324,4	201,7	11,865	7,379	23,1
2		35	43,9	8,9	5,75	25,967	304,2	206,7	11,714	7,960	25,4
3		35	43	8	5,75	25,967	308,3	205,5	11,872	7,913	22,8
Rata-rata					5,8	26,424	312,3	204,6	11,817	7,751	23,7
1	15%	35	43,4	8,4	5,75	25,967	295,2	188,9	11,368	7,274	24
2		35	42,5	7,5	5,85	26,878	340,6	237,2	12,671	8,824	21,4
3		35	42,4	7,4	5,75	25,967	280,6	183,2	10,805	7,055	21,1
Rata-rata					5,78	26,270	305,4	203,1	11,614	7,719	22,1
1	20%	35	43,6	8,6	5,75	25,967	296,7	203,1	11,425	7,821	24,5
2		35	43,4	8,4	5,7	25,517	280,1	190,6	10,976	7,469	24
3		35	43,9	8,9	5,65	25,071	275,8	189,1	11,001	7,542	25,4
Rata-rata					5,7	25,518	284,2	194,2	11,133	7,658	24,6
1	25%	35	43,8	8,8	5,6	24,630	273,7	179,9	11,112	7,304	25,1
2		35	44,1	9,1	5,65	25,071	281,5	203,3	11,227	8,108	26
3		35	42,2	7,2	5,55	24,192	257,1	177,9	10,627	7,353	20,5
Rata-rata					5,6	24,631	270,7	187,1	10,989	7,588	23,8
1	30%	35	42,3	7,3	5,65	25,071	269,2	178,1	10,737	7,103	20,8
2		35	41,3	6,3	5,55	24,192	263,3	165,1	10,883	6,824	18
3		35	42,8	7,8	5,7	25,517	272,6	179,1	10,682	7,018	22,2
Rata-rata					5,6	24,571	268,3	174,1	10,767	6,981	20,3

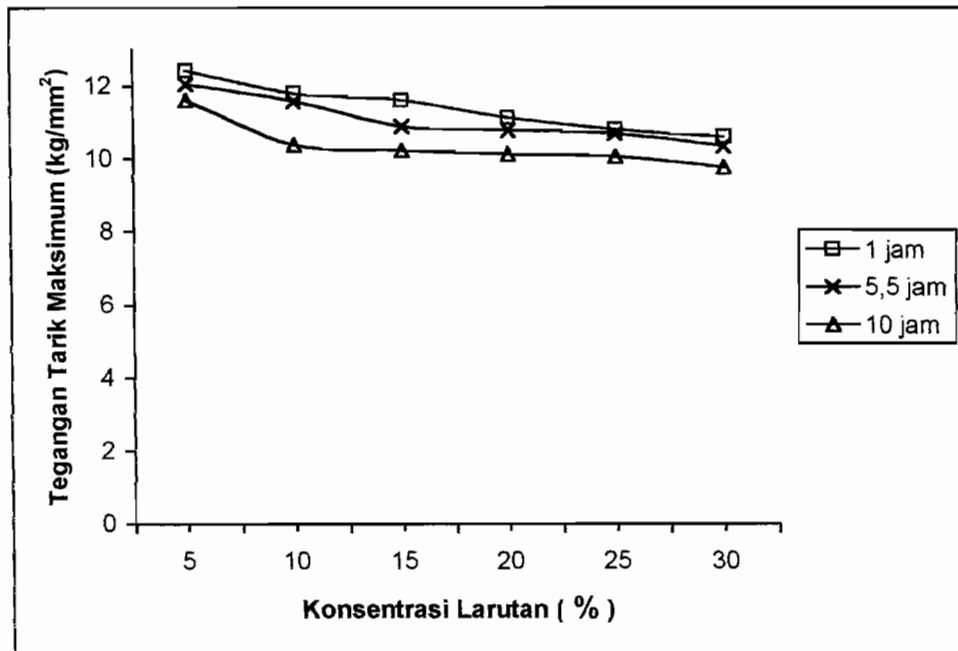
Tabel 4.5 Hasil pengujian tarik dan perhitungan dengan waktu pencelupan 5,5 jam

No	Kondisi	Lo (mm)	L ₁ (mm)	ΔL (mm)	d (mm)	A (mm)	F _t (kg)	F _b (kg)	σ _t (kg/mm ²)	σ _b (kg/mm ²)	ε (%)
1	5%	35	43,1	8,1	5,55	24,192	282,2	186,8	11,664	7,772	23,1
2		35	41,4	6,4	5,5	23,758	270,7	179,2	11,393	7,542	18,2
3		35	43,1	8,1	5,8	26,420	346,5	244,1	13,114	9,238	23,1
Rata-rata					5,616	24,790	299,8	203,3	12,057	8,184	21,4
1	10%	35	42,4	7,4	5,35	22,480	254,2	164,2	11,307	7,304	21,1
2		35	42,3	7,3	5,35	22,480	257,4	171,6	11,450	7,633	20,8
3		35	42,7	7,7	5,55	24,192	290,2	196,1	11,995	8,105	22
Rata-rata					5,41	23,051	267,2	177,3	11,584	7,68	21,3
1	15%	35	42,7	7,7	5,3	22,061	241,6	163,6	10,951	7,415	22
2		35	43	8	5,15	20,830	220,8	149,8	10,599	7,191	22,8
3		35	42,6	7,6	5,15	20,830	231,8	165,1	11,127	7,925	21,7
Rata-rata					5,2	21,240	231,4	159,5	10,892	7,51	22,1
1	20%	35	42,6	7,6	4,9	18,857	201,4	138,4	10,68	7,339	21,7
2		35	42,8	7,8	5,3	22,061	243,3	162,2	11,028	7,352	22,2
3		35	42,2	7,2	5,15	20,830	222,3	158,1	10,671	7,589	20,5
Rata-rata					5,116	20,582	222,3	152,9	10,793	7,426	21,4
1	25%	35	41,7	6,7	5,3	22,061	244,8	169,8	11,096	7,695	19,1
2		35	42	7	4,85	18,474	195,3	135,5	10,571	7,334	20
3		35	42,2	7,2	5	19,634	204,3	137,5	10,409	7,002	20,5
Rata-rata					5,05	20,056	214,8	147,6	10,692	7,343	19,8
1	30%	35	41,3	6,3	5	19,634	208,4	138,8	10,613	7,069	18
2		35	42,1	7,1	5,1	20,428	210,3	140,2	10,294	6,863	20,2
3		35	42,4	7,4	4,85	18,474	187,6	118,6	10,154	6,419	21,1
Rata-rata					4,98	19,512	202,1	138,8	10,353	6,783	19,7

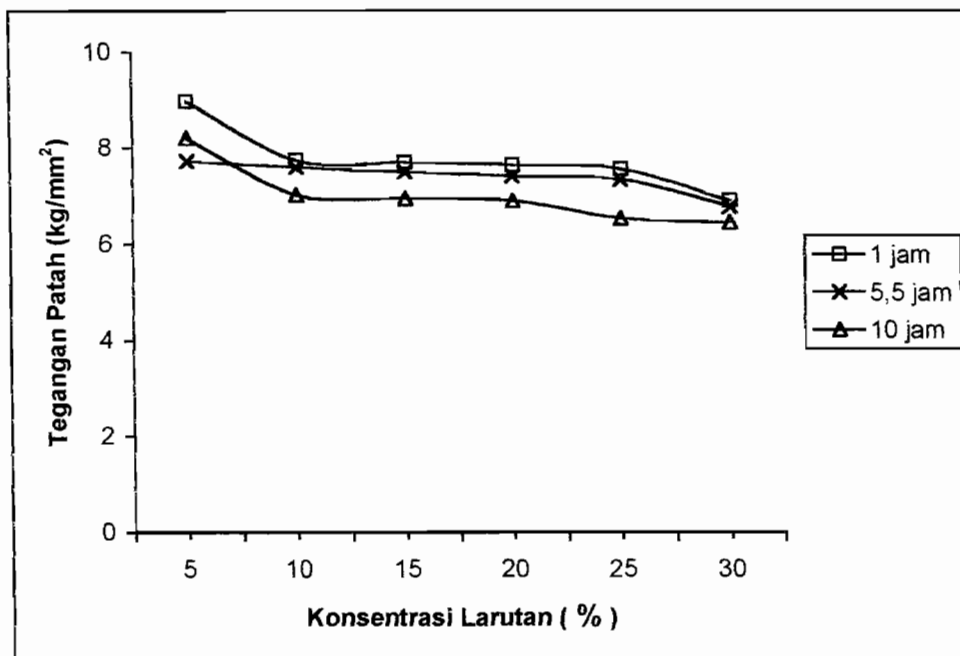
Tabel 4.6 Hasil pengujian tarik dan perhitungan dengan waktu pencelupan 10 jam

No	Kondisi	Lo (mm)	L ₁ (mm)	ΔL (mm)	d (mm)	A (mm)	F _t (kg)	F _b (kg)	σ _t (kg/mm ²)	σ _b (kg/mm ²)	ε (%)
1	5%	35	42,6	7,6	5,55	24,192	267,5	186,5	11,057	7,710	21,7
2		35	42,2	7,2	5,65	25,071	296,8	209,5	11,837	8,355	20,5
3		35	42	7	5,65	25,071	299,7	208,1	11,615	8,301	20
Rata-rata					5,61	24,778	288,1	201,3	11,615	8,120	20,7
1	10%	35	43	8	5,25	21,647	219,6	138,3	10,144	6,388	22,8
2		35	42,8	7,8	5,3	22,061	239,9	175,7	10,873	7,963	22,2
3		35	43,1	8,1	5,3	22,061	223,4	148,7	10,126	6,741	23,1
Rata-rata					5,28	21,923	227,6	154,2	10,381	7,031	22,7
1	15%	35	42,6	7,6	5,3	22,061	239,9	162,1	10,873	7,347	21,7
2		35	41,4	6,4	5,1	20,428	172,1	107,9	8,424	5,282	18,2
3		35	43,2	8,2	5,35	22,480	256,5	185,6	11,411	8,256	23,4
Rata-rata					5,25	21,656	222,8	151,8	10,236	6,961	21,1
1	20%	35	42	7	5,25	21,647	220,9	155,7	10,204	7,192	20
2		35	42,2	7,2	5	19,634	196,4	124,2	10,002	6,325	20,5
3		35	42,5	7,5	5,05	20,029	204,3	144,2	10,199	7,199	21,4
Rata-rata					5,10	20,436	207,2	141,3	10,135	6,905	20,6
1	25%	35	43,5	8,5	5,1	20,428	232	157,1	11,356	7,690	24,2
2		35	42,3	7,3	4,9	18,857	166	101,8	8,802	5,398	20,8
3		35	42,6	7,6	4,95	19,244	193,3	126,2	10,044	6,557	21,7
Rata-rata					4,98	19,509	197,1	128,3	10,067	6,548	22,2
1	30%	35	43,1	8,1	5	19,634	204,8	140,7	10,430	7,165	23,1
2		35	42,3	7,3	4,95	19,244	174,1	111,8	9,046	5,809	20,8
3		35	42,7	7,7	5	19,634	193,7	125,7	9,865	6,401	22
Rata-rata					4,98	19,504	190,8	126,1	9,775	6,458	21,9

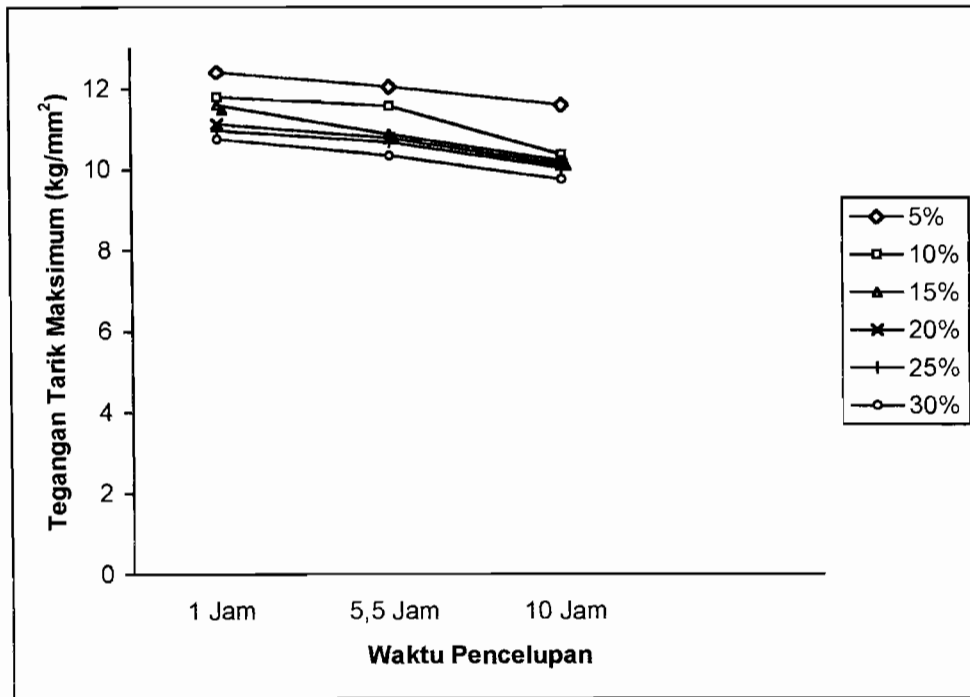
4.3.2. Grafik hasil uji tarik



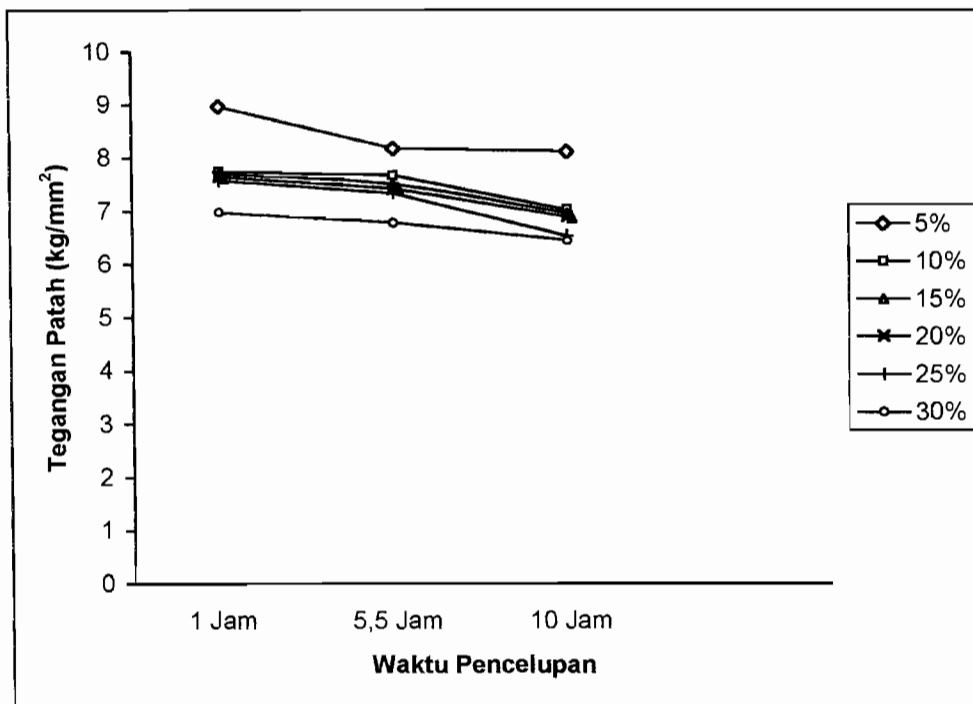
Gambar 4.3 Grafik konsentrasi larutan terhadap tegangan tarik maksimum



Gambar 4.4 Grafik konsentrasi larutan terhadap tegangan patah



Gambar 4.5 Grafik waktu pencelupan terhadap tegangan tarik maksimum



Gambar 4.6 Grafik waktu pencelupan terhadap tegangan patah













4.3.3. Pembahasan hasil uji tarik







Pada pengujian tarik ini aluminium paduan bila berada pada lingkungan NaOH maka tegangan tariknya atau kekuatannya akan menurun.

Data yang diperoleh menunjukkan tegangan tarik dan tegangan patah rata-rata terbesar aluminium paduan adalah pada kondisi mula-mula (sebelum dicelup dalam larutan NaOH), yaitu 13,158 kg/mm² untuk tegangan tarik maksimum dan 9,371 kg/mm² untuk tegangan patah. Setelah mengalami pencelupan dalam lingkungan larutan NaOH dengan berbagai konsentrasi dan waktu, tegangan tarik dan tegangan patah mengalami penurunan. Hal ini antara lain disebabkan oleh retakan yang terjadi pada permukaan aluminium, atau juga bisa disebabkan terjadi cacat pada coran.

4.4. Struktur makro

4.4.1. Foto hasil struktur permukaan

Waktu	Konsentrasi Larutan			
1 Jam				
	5%	10%	15%	
				
	20%	25%	30%	
	5,5 Jam			
		5%	10%	15%
				
20%		25%	30%	

Waktu	Konsentrasi		
10 Jam			
	5%	10%	15%
			
	20%	25%	30%

BAB V

KESIMPULAN DAN PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, aluminium dicelupkan dalam lingkungan larutan NaOH (Natrium Hidroksida) dalam berbagai konsentrasi dan waktu. Dari hasil pengujian diperoleh kesimpulan:

1. Semakin tinggi tingkat konsentrasi larutan NaOH, maka pengurangan ukuran diameter semakin besar.
2. Semakin lama waktu pencelupan benda uji dalam lingkungan NaOH, maka pengurangan ukuran diameter semakin besar.
3. Semakin tinggi tingkat konsentrasi larutan NaOH, maka kekuatan tariknya makin menurun. Tegangan tarik rata-rata dan tegangan patah rata-rata terbesar terjadi pada kondisi awal (tanpa pencelupan dalam lingkungan larutan NaOH).
4. Semakin lama waktu pencelupan benda uji dalam lingkungan NaOH, maka kekuatan tariknya makin menurun.

5.2. PENUTUP

Dalam banyak hal, korosi tidak dapat dihindarkan, namun kita dapat berusaha mengendalikannya. Pada penelitian pengaruh konsentrasi dan waktu korosi aluminium dalam lingkungan NaOH dengan suhu 40°C ini, diharapkan dapat membantu semua pihak dalam memahami jenis-jenis korosi serta dapat menanggulangi tingkat-tingkat korosi, agar logam dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin, sehingga tidak tersia-sia akibat korosi.

Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penyusunan Tugas Akhir ini. Bila terjadi kurang akuratan data, hal ini disebabkan keterbatasan dana, peralatan dan ketelitian dalam pengamatan. Oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan demi kemajuan, sehingga dapat berguna bagi semua pihak.

DAFTAR PUSTAKA

Bradbury, E.J., 1991, *Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Djaprie, S., 1992, *Metalurgi Mekanik*, Erlangga, Jakarta.

Fontana, M.G., 1987, *Corrosion Engineering*, The Ohio State University, Ohio.

Jones, D.A., 1992, *Principles and Prevention of Corrosion*, Department of Chemical and Metallurgical Engineering, University of Nevada.

Rivai, H., 1995, *Asas Pemeriksaan Kimia*, Universitas Indonesia, Jakarta.

Trethewey, K.R., Chamberlain, J., 1991, *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

LAMPIRAN



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman - Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 886530; Fax. (0274) 886529; Email: teknik@uad.ac.id

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nomor: 345/IT/USD/TM/September 2003

Diberikan kepada:

Nama Mahasiswa : Thomas Tuor Tri Harjanto

Nomor Mahasiswa : 985211079

NIRNI : 98005112310120079

Jurusan : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Matakuliah : Bahan Teknik Manufaktur

Judul masalah real :

Pengaruh koleksi Al dalam lingkungan Na (11, 5, 10, 15, 20, 25, 30) % pada suhu awal 40 C untuk t = 5, 1, 2, 10 jam

Tanggal dimulai : 25 Februari 2003

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

Pembimbing Kedua : -

NO	TGL	URAIAN	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1	28-02	Bab I - III	Perbaiki sesuai cerita	Ylandu
2	1-11	Bab I - III	Ok	Ylandu
3	5-11	Hasil penelitian	Perhitungan disempu	Ylandu
4	11-11	Hasil penelitian	Grafik diubah	Ylandu
5	20-11	Pembahasan	perbaiki	Ylandu
6	22-11	kesimpulan	perbaiki	Ylandu
7	2-12	Maju Seminar	Persiapkan presentasi	Ylandu
8	4-12	Maju ujian	Persiapkan presentasi	Ylandu



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman – Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 886530; Fax. (0274) 886529; Email: teknik@usd.ac.id

No : 147 / FT / DKN / V / 2003
Hal : Penelitian / Survei Tugas Akhir

Kepada :

Yth. Kepala Bagian Penyelidikan & Pengembangan Teknologi Kegunungapian
Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi
Jl.Cendana No: 15 Yogyakarta

Dengan hormat,

Dengan surat ini kami selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma menerangkan bahwa:

Nama	NIM	Jurusan
Thomas Tutut Tri. H	985214079	Teknik Mesin

Adalah mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Sehubungan mahasiswa tersebut akan melaksanakan penelitian untuk Tugas Akhir dengan judul "*Korosi Aluminium Akibat Pengaruh Larutan NaOH*", maka kami mohon pihak Direktorat Vulkanologi Dan Mitigasi berkenan mengizinkan mahasiswa tersebut dalam melakukan survei maupun pengambilan data. Selanjutnya bagian yang disurvei / teliti: *Uji Komposisi Unsur Logam Aluminium (Al)*.

Demikian permohonan kami, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih.

Pembimbing Tugas Akhir

Budi Setyahandana, ST,MT

Yogyakarta, 27 Mei 2003
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Greg. Harjanto
NIP. 130 422 735

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 : Thomas Tutut Tri. H
Asal Conto :
No. Analisa : 06/02/LK/2003
Halaman : 1 dari 1

HASIL ANALISIS KIMIA
(Dalam satuan % berat)

Unsur	Aluminium- AS
Si	0,51
Al	89,77
Fe	0,64
Mg	0,21
Cu	0,81
Zn	4,35

Yogyakarta, 30 Juni 2003

Mengetahui
Ka. Sie Pelayanan Jasa Laboratorium



Lab. Geokimia,

Ir. N. Euis Sutaningsih
NIP. 100010995



UJIAN PENDAHULUAN TUGAS AKHIR – SKRIPSI
TANGGAL : 13 Desember 2003

NAMA ALMAM : THOMAS TUTUT TRI HARJANTO

NIM : 985214079

JUDUL :
The Effect of Concentration and Holding time on Aluminium
Corrosion

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

Pembimbing Kedua : D.Doddy Purwadianto, ST.MT.

SULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

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







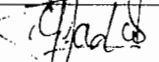
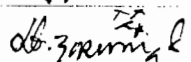
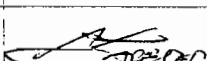

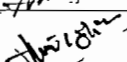
1. Grafik tegangan - regangan ditampliskan p-*sl*
2. Kesimpulan.
3. Kata pengantar
4. Gambar spesimen dilengkapin

PRESENSI PESERTA SEMINAR TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Korosi Aluminium Dalam Lingkungan NaOH Dengan Suhu Awal 40°C.

Hari/Tanggal : Kamis/ 4 Desember 2003

Ruang : K4.17

No.	Nama	No. Mahasiswa	Tanda tangan
1.	Thresia	985214035	
2.	Agus	985214035	
3.	Helen	985214035	
4.	Y. Bagit Purmana	975214019	
5.	Y. DODIK WASIS S.	975214031	
6.	Heru Widodo	995214162	
7.	Y Sande -T	985214055	
8.	H. Sihombing	98 TM 064	
9.	MENUNG TRI Y.N.	985214073	
10.	AL. ALEX PRABOWO	985214071	
11.	ANWAR. Okky w	985214077	
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			

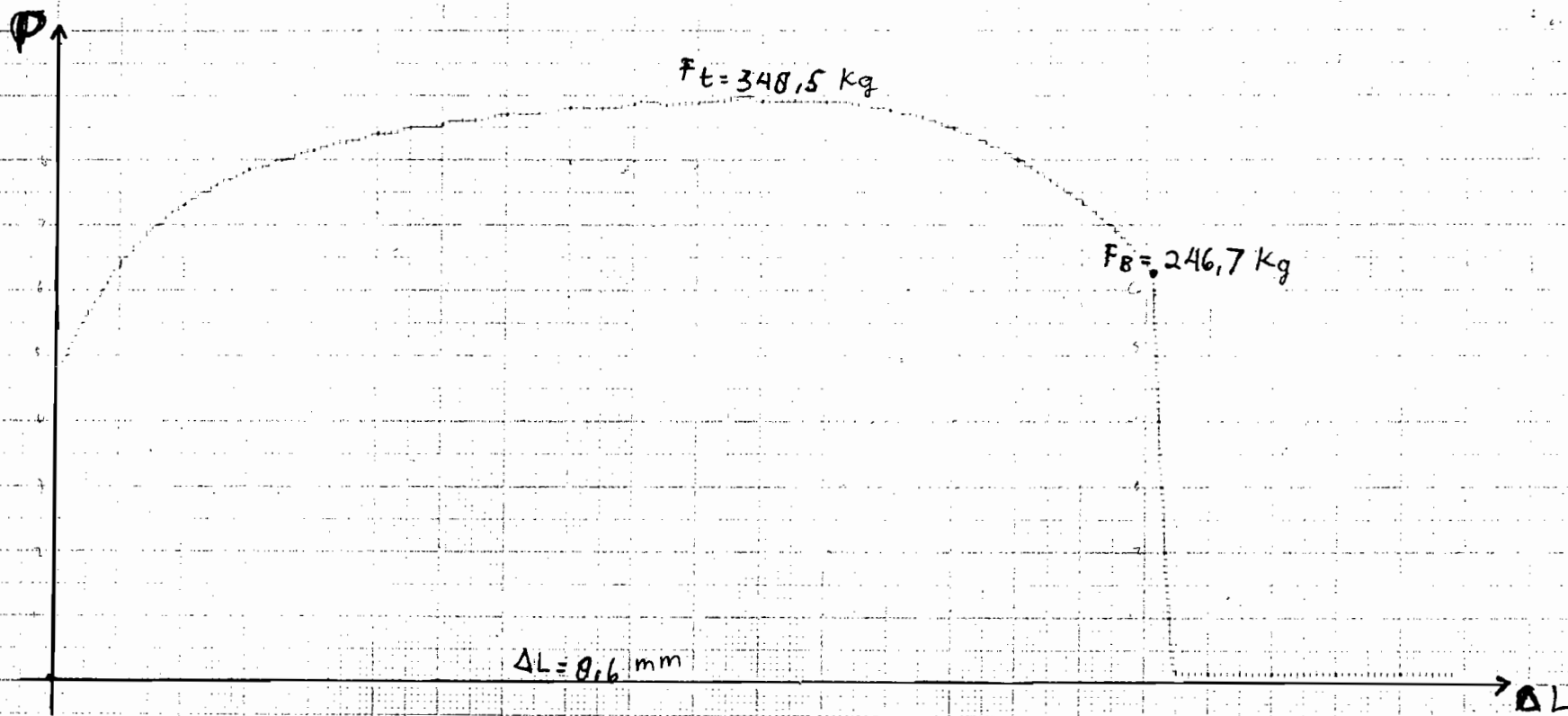
17.			
18.			
19.			
20.			
21.			
22.			
23.			
24.			
25.			

Mengetahui,



(Budi Setyahandana, S.T., M.T.)
Dosen Pembimbing Utama

Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Kondisi Awal
(tanpa pencelupan)



Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Konsentrasi larutan 5 %

lama pencelupan 1 jam

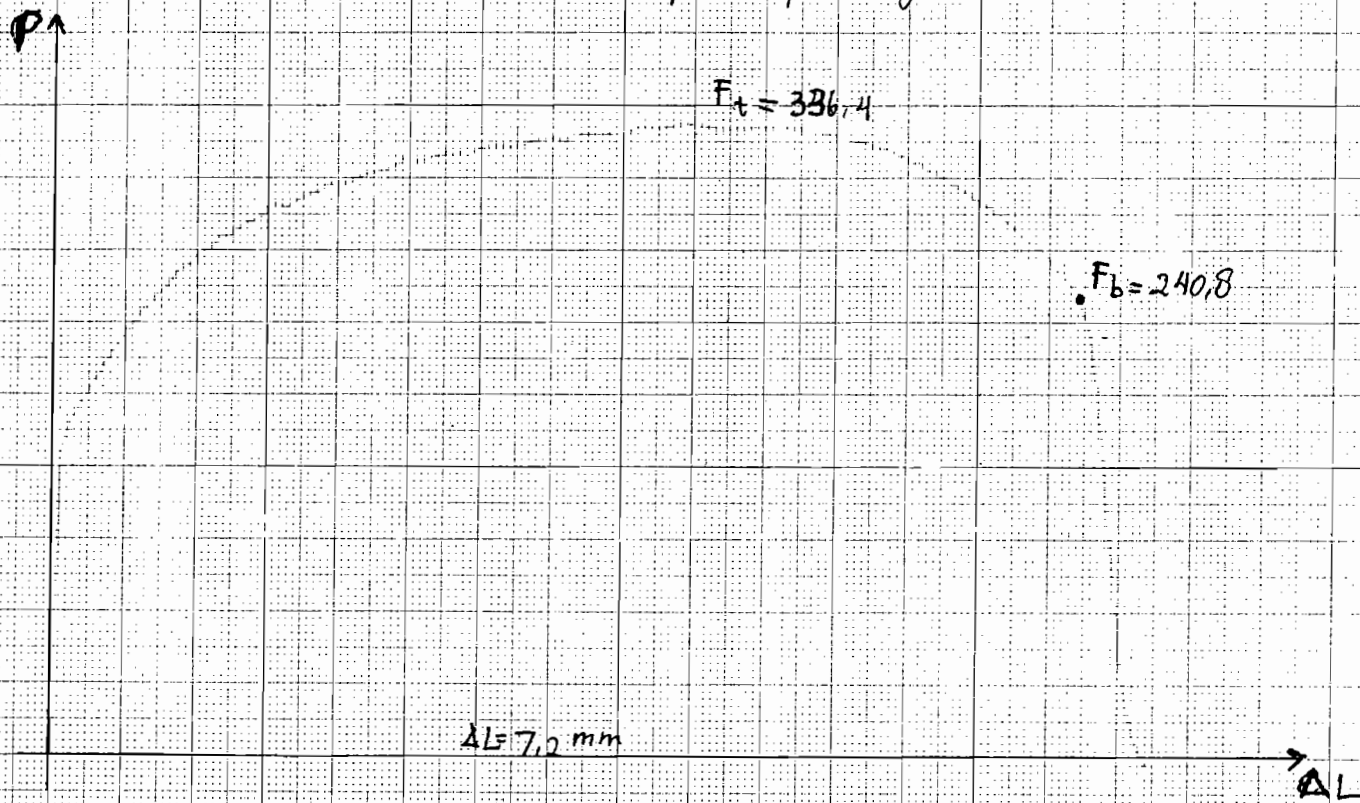
PA

$F_u = 336,4$

$F_b = 240,8$

$\Delta L = 7,2 \text{ mm}$

ΔL



Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Koncentrasi larutan 10% - lama pencelupan 1 jam

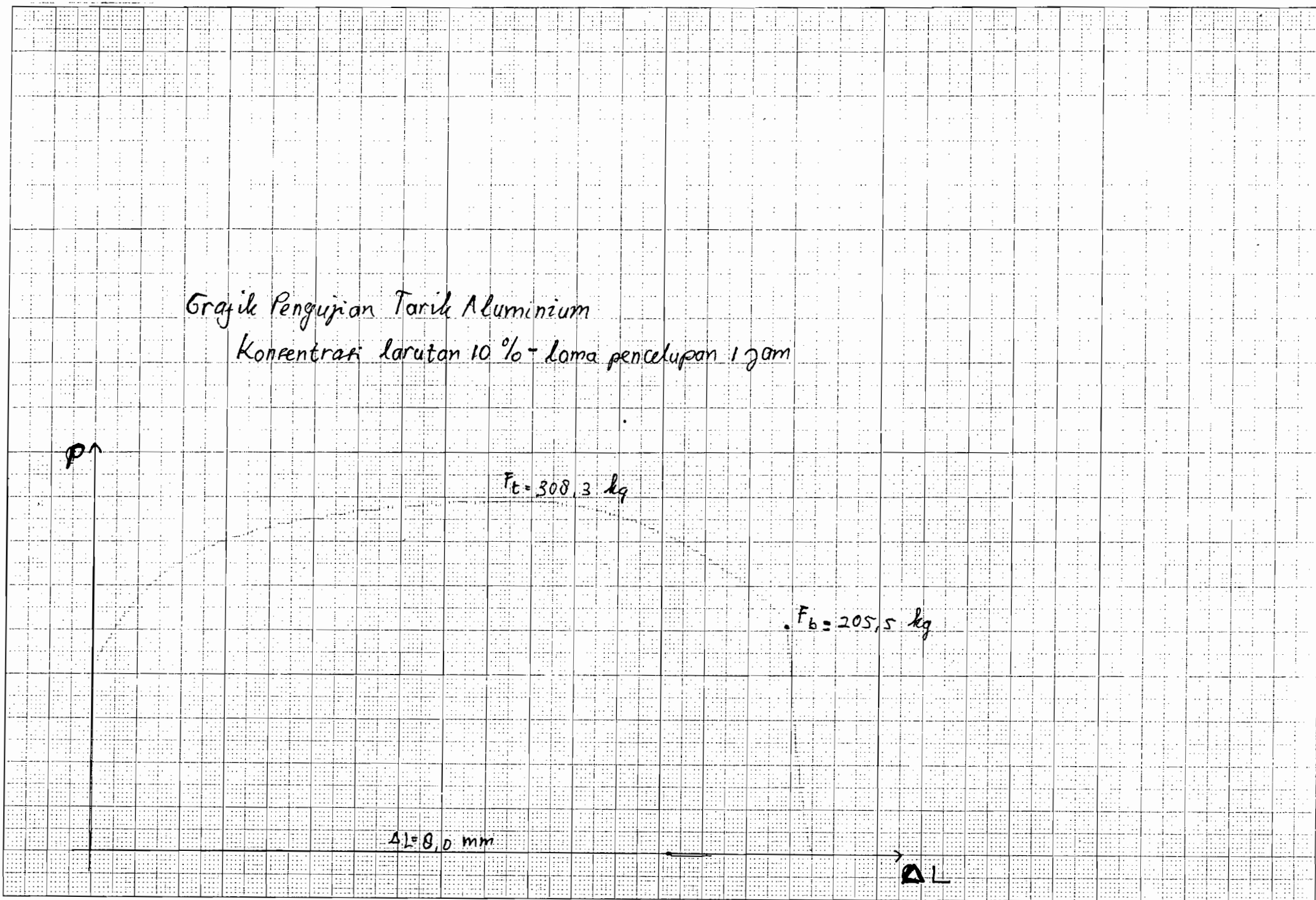
P

$F_t = 308,3 \text{ kg}$

$F_b = 205,5 \text{ kg}$

$\Delta L = 8,0 \text{ mm}$

ΔL



Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Konsentrasi larutan 15% - lama pencelupan 1 jam

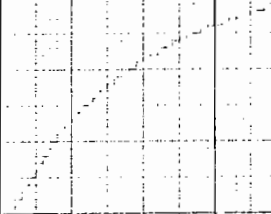
P

$F_t = 295,2 \text{ kg}$

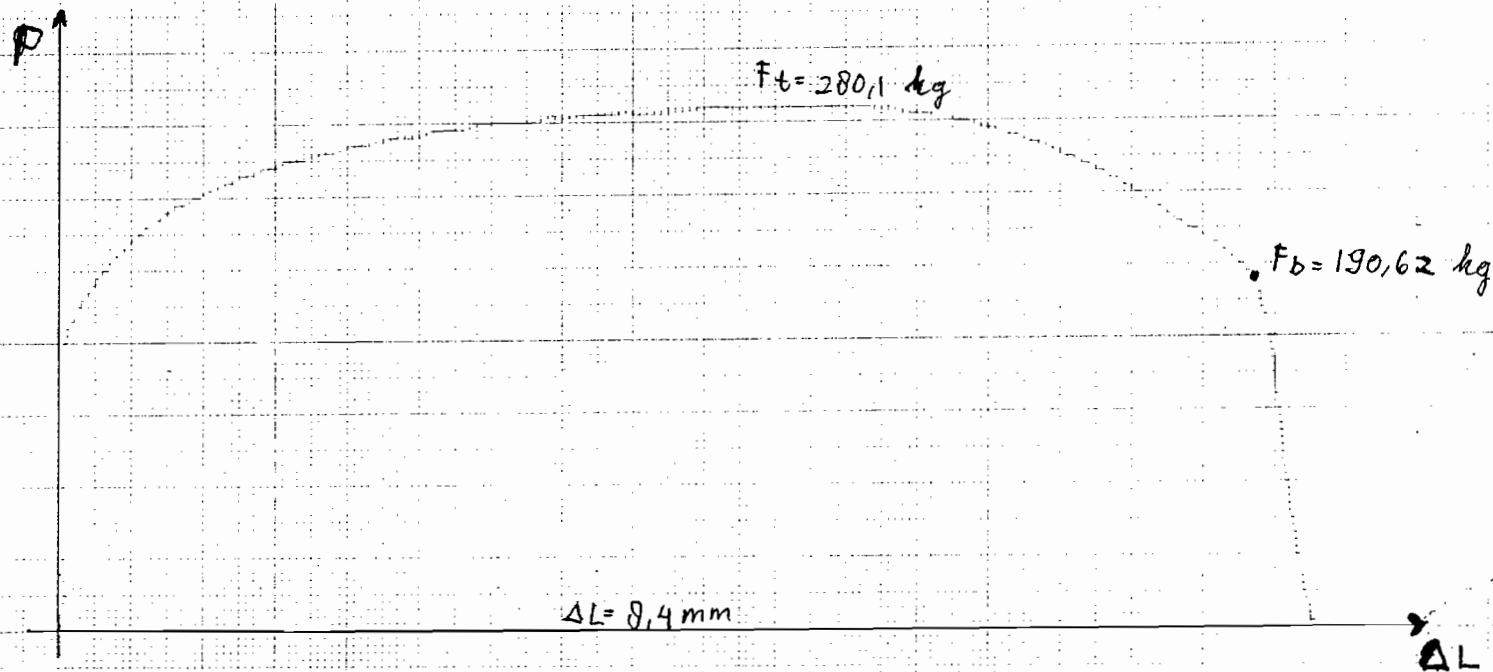
$F_b = 188,93 \text{ kg}$

$\Delta L = 84 \text{ mm}$

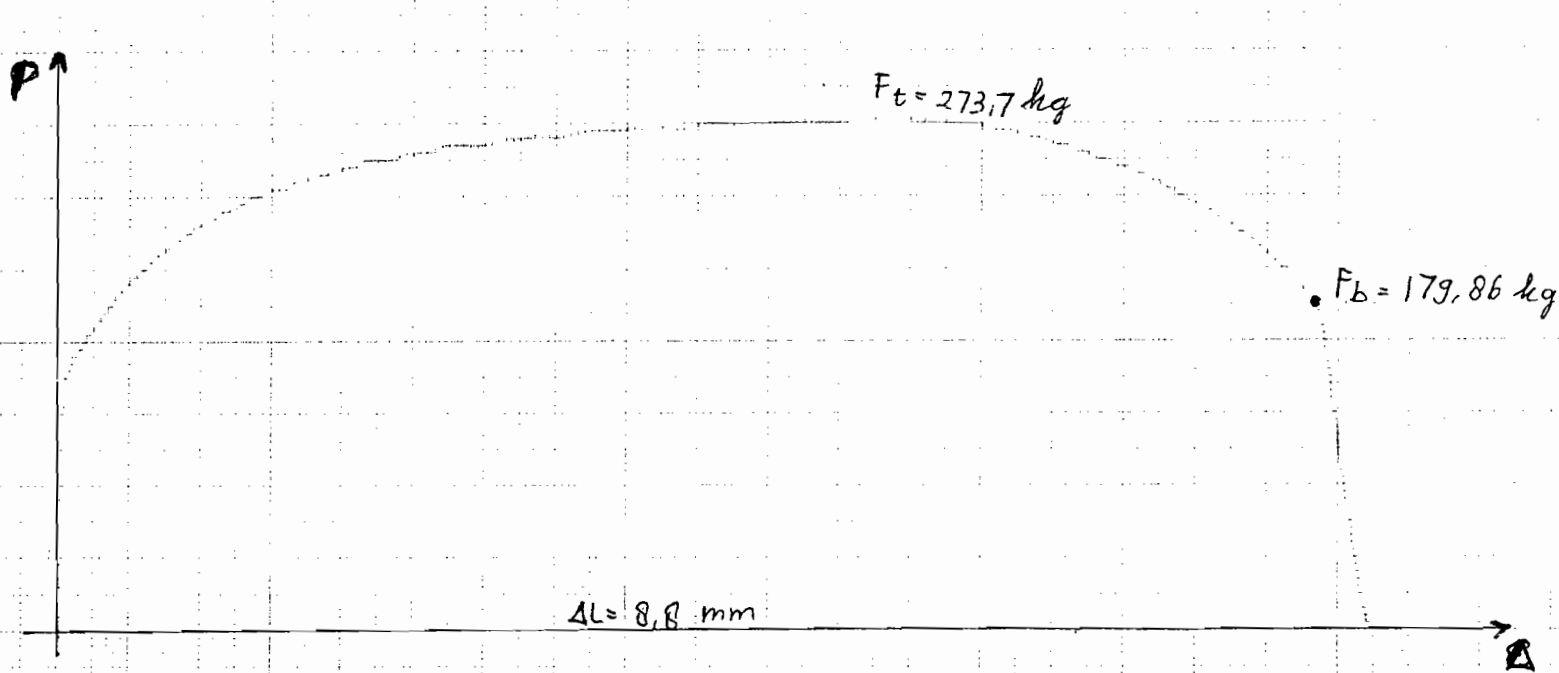
ΔL



Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Konsentrasi larutan 20% - lama pencelupan 1 jam



Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Konsentrasi larutan 25% - lama pencelupan 1 jam



Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Koncentrasi larutan 30% - lama pencelupan 1 jam

PA

$F_t = 269,2 \text{ kg}$

• $F_b = 178,14 \text{ kg}$

7,3

7,3

Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Konsentrasi larutan 5% - lama pencelupan 5,5 jam

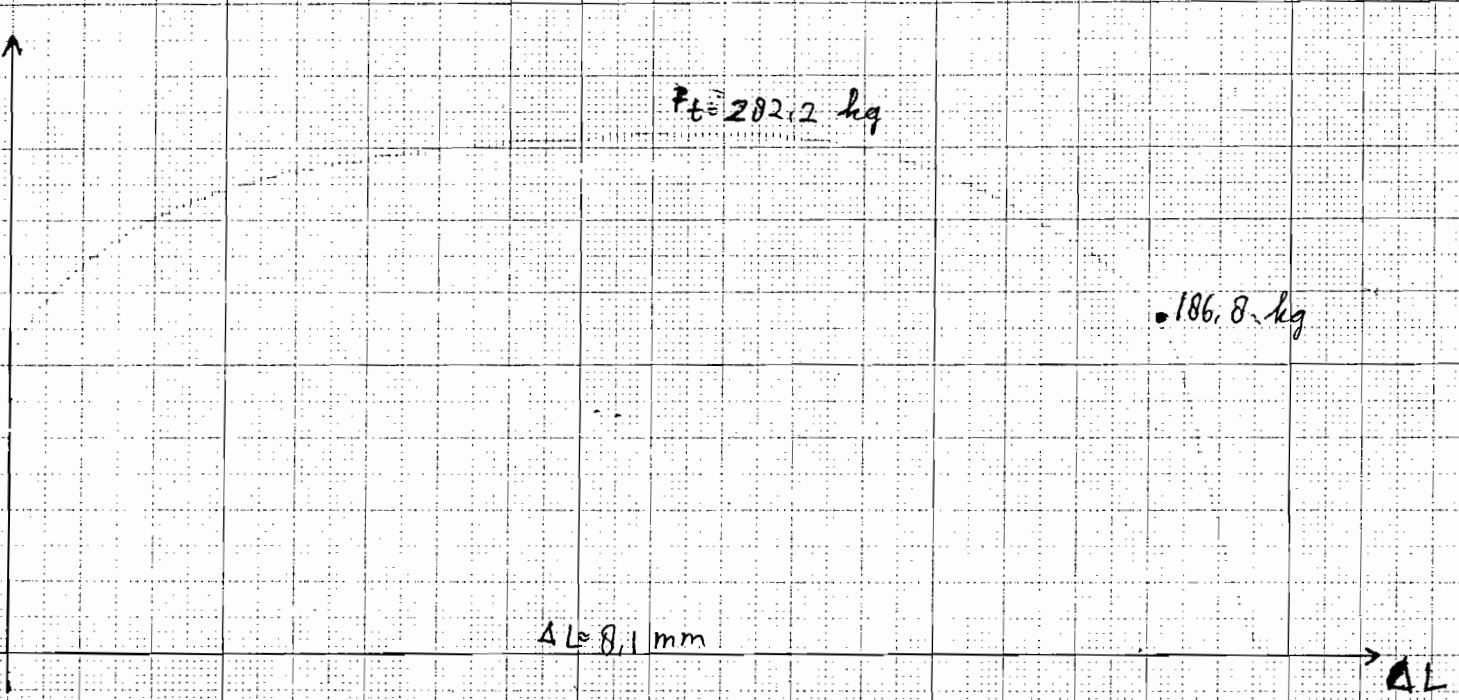
P ↑

$P_t = 202,2 \text{ kg}$

• 186,8 kg

$\Delta L = 8,1 \text{ mm}$

→ ΔL



Grafik Pengujian Torile Aluminium
Konsentrasi larutan 10% - lama pencelupan 5,5 jam

P

$F_c = 257,4 \text{ kg}$

$F_b = 171,6 \text{ kg}$

$A_L = 7,3 \text{ mm}$

AL

Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Konentrasi larutan 15% - lama pencelupan 5,5 jam

P

$$F_t = 241,6 \text{ kg}$$

$$F_b = 163,66 \text{ kg}$$

$$\Delta L = 7,7 \text{ mm}$$

ΔL

Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Konsentrasi larutan 20% - lama pencelupan 5,5 jam

P ↑

$F_t = 202,3 \text{ kg}$

• $F_b = 158,1 \text{ kg}$

$\Delta L = 7,2 \text{ mm}$

→ ΔL

Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Konsentrasi larutan 25% - lama pencelupan 5,5 jam

P

$$F_t = 204,3 \text{ kg}$$

$$F_b = 137,51 \text{ kg}$$

$$\Delta L = 7,2 \text{ mm}$$

ΔL

Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Konentrasi larutan 30% - lama pencelupan 5,5 jam

P

$$F_t = 187,6 \text{ kg}$$

$$F_b = 110,68$$

$$\Delta L = 7,4 \text{ mm}$$

ΔL

Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Konsentrasi larutan 5% - lama pencelupan 10 jam

P

$$F_t = 257,5 \text{ kg}$$

$$F_b = 186,54 \text{ kg}$$

$$\Delta L = 7,6 \text{ mm}$$

ΔL

Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Konsentrasi larutan 10% - lama pencelupan 10 jam

P

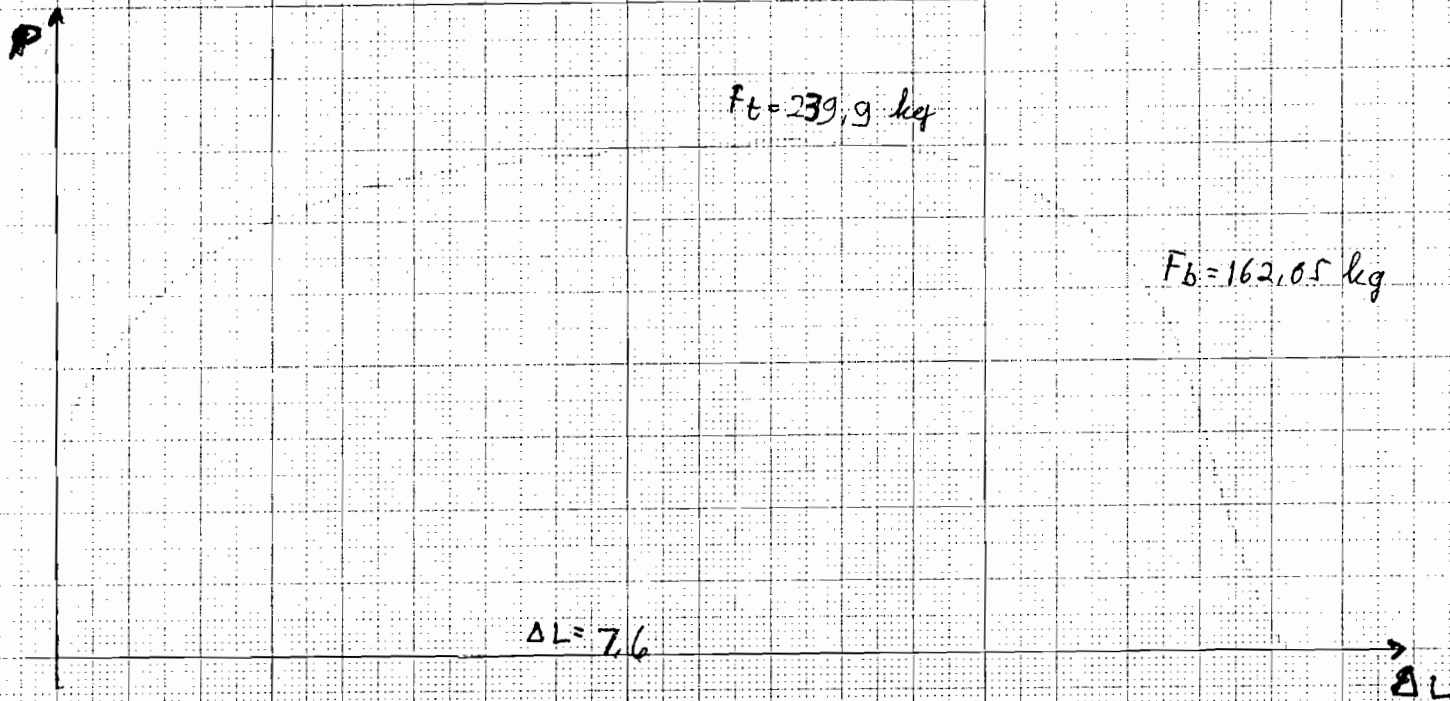
$$F_t = 239,9 \text{ kg}$$

$$F_b = 175,5 \text{ kg}$$

$$\Delta L = 7,8 \text{ mm}$$

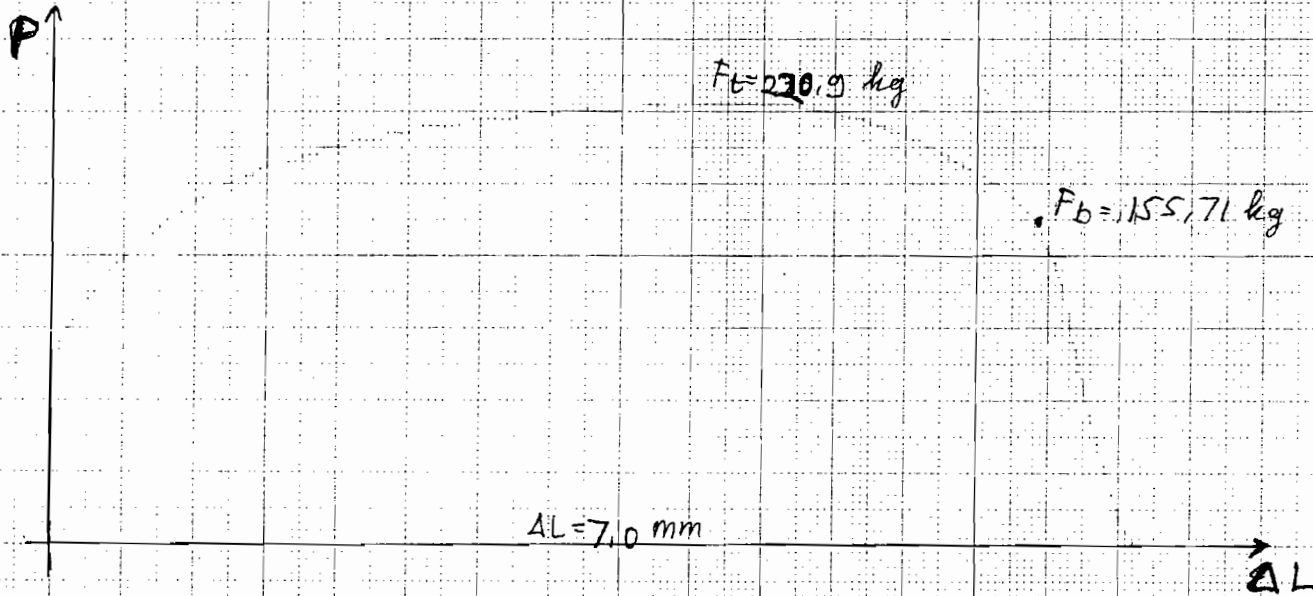
ΔL

Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Konsentrasi larutan 15% - lama pencelupan 10 jam



Grafik Pengujian Tarik Aluminium

Konsentrasi larutan 20% - lama pencelupan 10 jam



Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Konsentrasi larutan 25% - lama pencelupan 10 jam

P

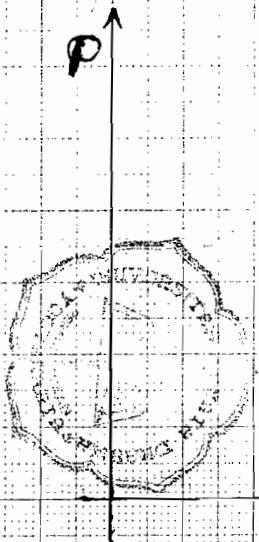
$F_t = 193,3$

$F_b = 126,23 \text{ kg}$

$\Delta L = 7,6$

ΔL

Grafik Pengujian Tarik Aluminium
Konsentrasi larutan 30% - lama pencelupan 10 jam



$F_t = 174,1 \text{ kg}$

$F_b = 111,8 \text{ kg}$

$\Delta L = 7,3 \text{ mm}$

ΔL