

**THE EFFECT OF CONCENTRATION AND CORROSION TIME
ON QUENCHED ALUMINIUM IN THE SOLUTION OF NaOH**

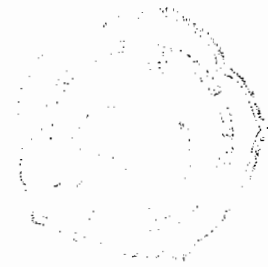
TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin

Jurusan Teknik Mesin



Diajukan oleh :

NUNUNG TRI Y.N.

NIM : 985214073

NIRM : 980051123109120073

Kepada

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SANATA DHARMA

YOGYAKARTA

2004

TUGAS AKHIR

Nomor : 337/ FT _USD /TM /Agustus / 2003

**THE EFFECT OF CONCENTRATION AND CORROSION TIME
ON QUENCHED ALUMINIUM IN THE SOLUTION OF NaOH**

Oleh :

NUNUNG TRI Y.N.

NIM : 985214073

NIRM : 980051123109120073

Telah disetujui untuk diuji oleh :

Pembimbing I



BUDI SETYAHANDANA, S.T., M.T.

Tanggal 23 Januari 2004

Pembimbing II



BUDI SUGIHARTO, S.T., M.T.

Tanggal 23 Januari 2004

TUGAS AKHIR

Nomor : 337/ FT_ USD / TM / Agustus / 2003

**THE EFFECT OF CONCENTRATION AND CORROSION TIME
ON QUENCHED ALUMINIUM IN THE SOLUTION OF NaOH**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

**Nama : NUNUNG TRI Y.N.
NIM : 985214073
NIRM : 980051123109120073**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada Tanggal 30 Januari 2004

Susunan Panitia Penguji

Pembimbing Utama



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

Anggota Dewan Penguji

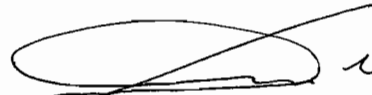


I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T.

Pembimbing Kedua



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



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

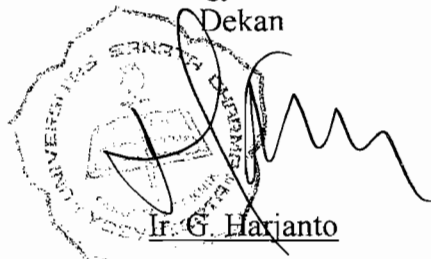


Ir. Rines, M.T.

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Yogyakarta, 30 Januari 2004

Fakultas Teknik
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta
Dekan



Ir. G. Harjanto

PERNYATAAN

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

Yogyakarta, Januari 2004

NUNUNG TRI Y. N



TUGAS AKHIR PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK MESIN

Nomor : 337/ FT_USD / TM / Agustus / 2003

Diberikan kepada :
Nama Mahasiswa : Nunung Tri YN
Nomor Mahasiswa : 985214073
NIRM : 98005112310120073
Jurusan : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Matakuliah : Logam Fisis & Mekanis
Judul / naskah soal :

Lakukan penelitian pada aluminium yang telah mengalami Quench dan masuk dalam lingkungan / larutan Na OH.

Tanggal dimulai : 20 Pebruari 2003

Pembimbing Kedua

(-)

Yogyakarta, 30 Agustus 2003
Dosen Pembimbing Utama

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



LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nomor : 337 / FT_USD / TM / Agustus / 2003

Diberikan kepada :
Nama Mahasiswa : Nunung Tri YN
Nomor Mahasiswa : 985214073
NIRM : 98005112310120073
Jurusan : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Matakuliah : Logam Fisis & Mekanis
Judul / naskah soal :

Lakukan penelitian pada aluminium yang telah mengalami Quench dan masuk dalam lingkungan / larutan Na OH.

Tanggal dimulai : 20 Pebruari 2003
Pembimbing Utama : Budi Setyahandana, S.T.,M.T.
Pembimbing Kedua : -

NO	TGL	URAIAN	KETERANGAN	TANDA TANGAN
1	10-04	orientasi awal		
2	5-9	Bab I - II	Perbaiki	
3	15-11	Bab III	Perbaiki	
4	9-12	Hasil Penelitian	Perbaiki	
5	12-12	Pembahasan & Kesimpulan	Perbaiki	
6	23-1-04	Ace Ujian		
7				
8				

ABSTRACT

This research aimed to knowing the effect of concentration and corrosion time on aluminium that have been quenched in the solution of NaOH toward diameter size and ultimate load. The test was conducted on the stick of cylinder which were immersed in the solution of NaOH. The immersion in the solution of NaOH was done in 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 was observed the changing of the diameter size, ultimate load, breaking strength and macro structure.

From the results of the research, it was found the specimen 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 decrease of the ultimate load and breaking strength. The higher level of the solution concentration, the lower of diameter size, ultimate load and breaking strength. The longer immersion time, the lower of the diameter size, ultimate load and breaking strength.

INTISARI

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan waktu korosi pada aluminium yang sudah diquenching dalam lingkungan NaOH terhadap perubahan ukuran diameter dan kekuatan tarik. Pengujian dilakukan pada batang silinder aluminium yang dicelup dalam lingkungan NaOH, 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 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 patahnya semakin menurun. Semakin lama waktu pencelupan, maka ukuran diameter, kekuatan tarik dan tegangan patahnya juga semakin turun

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, yang telah melimpahkan rahmat dan berkat-Nya serta selalu memimpin dan menyertai saya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Saya menyadari bahwa penulisan tentang penelitian korosi ini masih jauh dari sempurna, tetapi dengan semua kemampuan yang ada saya mencoba menyusun penelitian ini dengan harapan bahwa hasil karya ini dapat bermanfaat, baik bagi diri saya sendiri maupun bagi orang lain yang membacanya.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus dikerjakan oleh semua mahasiswa tingkat sarjana jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Dengan mengerjakan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk menambah wawasan dan membentuk pola berpikir praktis bagi para mahasiswa Fakultas Teknik, terutama mengenai sifat fisis dan mekanis Aluminium paduan dan ketahanannya terhadap korosi.

Persoalan-persoalan teknik dalam menganalisis serta menerapkan ilmu yang diperoleh selama pendidikan, diharapkan mampu membuat mahasiswa tidak merasa canggung apabila kelak terjun ke dalam dunia kerja. Tugas Akhir ini telah dibahas dan dipertahankan dalam ujian pendadaran yang dihadiri oleh dosen pembimbing dan dosen penguji.

Dalam menyusun dan mengerjakan tugas ini banyak kesukaran yang dihadapi, tetapi hal itu dapat diatasi dengan bantuan dan bimbingan yang saya terima dari

berbagai pihak. Disamping karena penulis sudah mengambil mata kuliah pilihan Logam Fisis dan Mekanis, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Budi Setyahandana, ST, MT, selaku dosen pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Dekan Fakultas Teknik USD, Bapak Ir. Gregorius Harjanto.
3. Ketua Jurusan Teknik Mesin USD, Bapak Yosef Agung Cahyanta, ST, MT, yang sudah memberikan bimbingan.
4. Pembimbing mahasiswa angkatan 1998, Bapak Rusdi Sambada, ST, MT, yang masih bersedia mengayomi mahasiswa angkatan 1998.
5. Tim penguji tugas akhir.
6. Segenap Laboran di Laboratorium Ilmu Logam di Fakultas Teknik USD.
7. Keluargaku yang selalu memberikan dorongan moril maupun materiil, juga buat Ayik yang selalu memberikan dukungan.
8. Kawan-kawan di kost Sing Ken-Ken, Thomas, dan semua mahasiswa Teknik Mesin USD angkatan 1998.

Akhirnya penulis mengharapkan agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan. Penulis juga menyadari bahwa hasil dari penelitian dan analisis ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan segala masukan dan kritikan yang bersifat membangun yang berguna bagi penulis dalam memperbaiki penulisan selanjutnya, untuk dikaji dan

digunakan sebagaimana mestinya dan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi penulisan-penulisan selanjutnya.

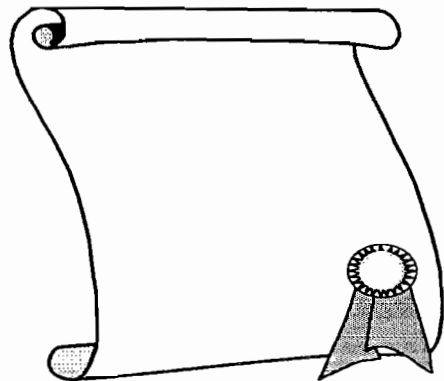
Yogyakarta, Januari 2004

Penyusun

(Nunung Tri Y.N.)

MOTTO

“ Kerjakanlah apa yang benar dengan penuh percaya diri, dan janganlah takut sebab Tuhan menjadikan segala sesuatu indah pada waktunya “



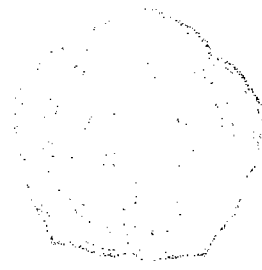
*Penulisan Naskah Tugas Akhir Ini Saya
Persembahkan Untuk :*

❖ *Tuhan Yang Maha Esa*

❖ *Keluarga Besar Setyo Wardoyo*

❖ *Ayik (Words Can't Express My Graduate)*

❖ *Semua Teman Seperjuanganku*



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan Pembimbing	ii
Halaman Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian Karya	iv
Halaman Soal	v
Lembar Konsultasi Tugas Akhir	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	viii
Motto	ix
Halaman Persembahan	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Langkah Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Aluminium	5
2.2 Sifat Aluminium	6

2.3	Jenis-jenis Aluminium Dan Paduan nya	8
2.4	Pengaruh Unsur Paduan Dalam Aluminium	13
2.5	Produksi Aluminium	18
2.5.1	Proses Pengolahan Alumina	18
2.5.2	Proses Elektrolisa Alumina	19
2.6	Perlakuan Panas (Heat Treatment)	20
2.6.1	Perlakuan Panas Quenching	21
2.7	Korosi	21
2.7.1	Korosi Pada Aluminium	29
2.8	Pengujian Bahan	31
2.8.1	Pengujian Tarik	35
2.8.2	Modulus Elastisitas	38
2.8.3	Tegangan Tarik Maksimum	39
2.9	Stuktur Makro	39
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1	Diagram Alir Penelitian	44
3.2	Persiapan Sampel	45
3.3	Komposisi Kimia	45
3.4	Proses Perlakuan Panas (Heat Treatment)	46
3.5	Pencelupan Dalam Larutan NaOH	47
3.6	Pengambilan Foto Makro	48
3.7	Pengujian Tarik	48
3.8	Pengambilan Foto Mikro	51

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Pengukuran Diameter	54
4.2 Hasil Pengambilan Foto Makro	57
4.3 Analisis Struktur Makro	59
4.4 Data Hasil Pengujian Tarik	60
4.5 Grafik Pengujian Tarik	64
4.6 Analisis Pengujian Tarik	68
4.7 Hasil Pengambilan Foto Mikro	70
4.8 Analisis Struktur Mikro	72
BAB V PENUTUP	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Paduan Aluminium Cor	11
Tabel 2.2	Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa	12
Tabel 2.3	Harga Modulus Elastisitas Bahan Pada Berbagai Suhu	39
Tabel 3.1	Hasil Analisis Kimia (Dalam Satuan % Berat)	46
Tabel 3.2	Tingkat Konsentrasi Larutan NaOH	47
Tabel 4.1	Diameter Sampel Setelah Pencelupan (mm)	54
Tabel 4.2	Hasil Pengambilan Foto Makro	57
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Pengujian Tarik	60
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Pencelupan 1 Jam	61
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Pencelupan 5,5 Jam	62
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Pencelupan 10 Jam	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(a) Pengaruh Pengadukan Pada Laju Korosi Dalam Sel Galvanik	25
Gambar 2.1	(b) Pengaruh Pemasangan Dengan Logam Mulia Dalam Mereduksi Laju Korosi Terhadap Logam Pasif, Misalnya Titanium	25
Gambar 2.2	Diagram Evans Yang Ditentukan Melalui Eksperimen Untuk Pasangan Dwi-logam Besi/Seng	26
Gambar 2.3	Pembuatan Diagram Evans Melalui Eksperimen	28
Gambar 2.4	Hubungan Tegangan Dan Regangan Uji Tarik	36
Gambar 2.5	Struktur Ingot Berbagai Gambaran Makrostruktur	40
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 3.2	Bentuk Dan Ukuran Benda Uji (Spesimen)	45
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH Terhadap Diameter Aluminium	55
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH Terhadap Perubahan Diameter Aluminium	55
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Waktu Pencelupan Terhadap Diameter Aluminium	56
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Waktu Pencelupan Terhadap Perubahan Diameter Aluminium	56
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Tegangan Tarik	64

Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Waktu Pencelupan Terhadap Tegangan Tarik	65
Gambar 4.7	Grafik Tegangan Tarik Maksimum	66
Gambar 4.8	Grafik Regangan Tarik Maksimum	67
Gambar 4.9	Struktur Mikro Aluminium Kondisi Mula-mula	70
Gambar 4.10	Struktur Mikro Aluminium Quench	71
Gambar 4.11	Struktur Mikro Aluminium Setelah Pencelupan	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Dari waktu ke waktu, manusia selalu termotivasi untuk berusaha berkembang dan meningkatkan pengetahuan dengan mengadakan berbagai penelitian, termasuk penelitian mengenai bahan industri. Penelitian mengenai bahan industri, sebenarnya telah dilakukan umat manusia sejak zaman prasejarah. Manusia zaman prasejarah menggunakan bahan-bahan yang diambil dari lingkungan alam di sekitarnya untuk menunjang segala keperluan mereka dengan membentuk bahan-bahan tersebut dengan menggunakan peralatan yang masih sangat sederhana, juga dengan menggunakan perlakuan panas yang sangat sederhana pula guna menghasilkan bahan dan peralatan yang mereka inginkan. Hal inilah yang membuat adanya urutan zaman dalam sejarah umat manusia dari zaman batu, zaman perunggu hingga zaman besi.

Dengan semakin meningkatnya peradaban hidup manusia, perlakuan terhadap bahan industri semakin mendapat perhatian, karena bahan-bahan tersebut berhubungan sangat erat dengan kehidupan manusia. Bahkan manusia semakin berinovasi dengan melakukan berbagai cara untuk mendapatkan dan mengetahui sifat mekanik, sifat fisis serta komposisi dari suatu bahan industri dengan berbagai penelitian dan percobaan untuk mendapatkan suatu bahan yang memiliki sifat-sifat

The Effect of Corrosion On Quenched Aluminium

dan kekuatan seperti yang mereka inginkan untuk dapat memenuhi kebutuhan dan keperluan mereka.

Pada penulisan ini penulis meneliti mengenai pengaruh korosi pada aluminium yang sudah mengalami perlakuan panas *Quenching*. Penulis memilih bahan penelitian aluminium karena penggunaan aluminium yang sangat luas dan sangat beragam, selain itu juga karena aluminium sebagai logam yang banyak digunakan oleh manusia menempati urutan kedua setelah besi dan baja.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh waktu pencelupan aluminium di dalam larutan NaOH terhadap perubahan diameternya (pengurangan ukuran).
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap perubahan diameter aluminium.
3. Mengetahui pengaruh waktu pencelupan aluminium di dalam larutan NaOH terhadap tegangan tarik aluminium.
4. Mengetahui pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap tegangan tarik aluminium.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis memberikan batasan-batasan masalah agar dalam penulisan dapat terarah dan sistematis. Aluminium akan diberi perlakuan

The Effect of Corrosion On Quenched Aluminium

panas Quenching dan kemudian dicelupkan dalam larutan NaOH (dengan prosentase tertentu) selama waktu tertentu pula, kemudian aluminium akan diuji tarik dan difoto struktur makronya (pengaruh korosi), serta dilihat juga struktur mikronya.

1.4 Langkah Penelitian

Didalam penelitian yang dilakukan penulis melakukan langkah-langkah penelitian yang meliputi :

1. Perlakuan panas Quenching
2. Pencelupan bahan aluminium dalam larutan NaOH
3. Pengambilan foto penampang Aluminium (struktur makro)
4. Pengujian tarik
5. Pengambilan foto mikro

Dengan langkah-langkah yang sistematis tersebut, diharapkan penelitian dapat berjalan dengan lebih cepat dan terarah.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada naskah ini, dibagi menjadi empat bab yang masing-masing bab menguraikan dan membahas permasalahannya sendiri yang masih mempunyai hubungan dengan penelitian.

The Effect of Corrosion On Quenched Aluminium

- BAB I : Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, dan langkah-langkah penelitian serta sistematika penulisan.
- BAB II : Bab ini berisi dua bagian yaitu; Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori. Tinjauan pustaka menguraikan pandangan permasalahan (bahan logam, perlakuan panas, dan pengujian bahan) secara umum, sedangkan dasar teori menguraikan permasalahan yang diteliti dan dikerjakan oleh penulis.
- BAB III : Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah penelitian, yang berisi mengenai bahan, alat-alat yang digunakan, pembuatan sampel, proses dan tahapan perlakuan panas, jenis pengujian yang dilakukan disertai dengan data-data hasil pengamatan dan pengujian dilengkapi dengan pembahasan hasil penelitian.
- BAB IV : Didalam Bab ini akan dipaparkan tentang kesimpulan dari penulisan naskah ini dan saran-saran dari penulis penelitian-penelitian tentang korosi yang akan dilakukan dimasa mendatang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Aluminium

Aluminium (Al) merupakan unsur logam yang cukup banyak terdapat di alam. Delapan persen dari kerak Bumi adalah Al, aluminium ditemukan pertama kali oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 dan pertama direduksi sebagai logam oleh Hans Christian Oersted pada tahun 1825. Tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C.M. Hall di Amerika serikat secara terpisah telah membuat logam aluminium dari *alumina* dengan cara elektrolisa. Atom Al pada dasarnya terlalu kuat bila 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 terbentuk dari proses pelapukan (*weathering*) batuan beku.

Penggunaan Al meningkat dari tahun ke tahun dan menempati urutan kedua setelah logam ferro (besi dan baja). Penggunaan Al merupakan yang terbanyak diantara logam non-ferro, hal ini disebabkan oleh sifat-sifat dari Al yang antar lain :

1. Kuat
2. Ringan
3. Tahan korosi
4. Mudah dibentuk

5. Mempunyai sifat konduktivitas panas dan listrik yang tinggi

Kekuatan mekanis aluminium juga dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur paduan seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn, dan Ni. Bahan Al atau paduannya dipergunakan dalam banyak hal, antara lain sebagai peralatan rumah tangga, dalam industri pesawat terbang, industri otomotif, industri kapal laut, sebagai bahan konstruksi dan dalam dunia elektronik.

2.2 Sifat Aluminium

Aluminium merupakan logam non-ferro yang paling banyak digunakan karena memiliki sifat-sifat :

1. *Kerapatan (density)*; Aluminium memiliki berat jenis rendah yaitu sebesar 2700 kg/m^3 (sebagai perbandingan baja mempunyai kerapatan 7770 kg/m^3)¹.
2. *Tahan terhadap korosi (corrosion resistance)*; untuk logam-logam non-ferro dapat dikatakan bahwa makin besar kerapatannya maka makin baik daya tahan terhadap korosinya, tetapi aluminium merupakan pengecualian. Walaupun aluminium memiliki daya senyawa yang tinggi terhadap oksigen (logam aktif) dan oleh sebab itulah secara teori dikatakan bahwa aluminium sangat mudah sekali teroksidasi (terkorosi), tetapi dalam kenyataannya aluminium mempunyai daya tahan yang sangat baik terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh adanya lapisan atau selaput tipis oksida transparan dan jenuh oksigen diseluruh

1) Shinroku Saito, Tata Surdia, Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradya Paramita, Jakarta, Hal. 289¹

permukaan. Selaput inilah yang mengendalikan laju korosi dan melindungi lapisan dibawahnya dari serangan korosi berikutnya.

3. *Sifat mekanis (mechanical properties)*; aluminium mempunyai kekuatan tarik, tingkat kekerasan dan sifat mekanis lainnya yang sebanding dengan paduan non-ferro yang lain, dan sebanding pula dengan beberapa jenis baja.
4. *Penghantar panas dan listrik yang baik (heat and electrical conductivity)*; disamping memiliki daya tahan yang baik terhadap korosi, aluminium juga memiliki daya hantar panas dan listrik yang tinggi. Daya hantar listrik yang dimiliki aluminium murni sekitar 60 % dari daya hantar listrik pada tembaga.
5. *Tidak beracun (non toxicity)*; aluminium dapat digunakan sebagai bahan pembungkus atau pelapis pada kaleng makanan dan minuman. Hal ini dimungkinkan karena reaksi kimia antara makanan dan minuman tersebut dengan aluminium tidak menghasilkan zat beracun yang dapat membahayakan manusia.
6. *Mampu bentuk (formability)*; aluminium dapat dibentuk dengan mudah, selain itu aluminium juga mempunyai sifat mudah ditempa (*malleability*) yang memungkinkan aluminium dapat dibuat dalam bentuk plat atau lembaran tipis.
7. *Titik lebur yang rendah (melting point)*; titik lebur yang dimiliki aluminium relatif rendah (660°C) sehingga sangat baik untuk proses penuangan dengan waktu peleburan relatif singkat dan biaya operasi lebih murah.

2.3 Jenis-jenis Aluminium dan Paduannya

Untuk mendapatkan hasil cor paduan Aluminium yang berkualitas baik, kita terlebih dahulu harus mengetahui berat jenis dan titik cair masing-masing unsur paduan dalam paduan Aluminium tersebut. Pada saat proses pembekuan berlangsung, terjadi pemisahan secara bertahap dari unsur-unsur yang memiliki berat jenis yang berbeda. Unsur yang memiliki berat jenis lebih rendah akan terapung di daerah permukaan dan membentuk jaringan struktur kristal sendiri. Sedangkan unsur dengan berat jenis yang lebih besar akan terikat bersama dengan unsur larutan padat yang di bawah, membentuk ikatan logam atau struktur kristal utama. Agar diperoleh keseragaman unsur yang terdistribusi merata pada bahan, diperlukan tambahan unsur sebagai katalisator untuk mempermudah terjadinya ikatan dari berbagai macam jenis unsur yang berlainan berat jenis. Apabila unsur-unsur dengan berat jenis yang berbeda membentuk ikatan sendiri, maka akan didapatkan sifat bahan yang tidak homogen. Ketidakhomogenan bahan akibat perbedaan berat jenis unsur-unsur penyusunnya dapat menimbulkan cacat segregasi gravitasi. Berikut ini jenis-jenis Aluminium dan paduannya :

a) Aluminium murni.

Aluminium murni diperoleh dengan cara elektrolisa dengan tingkat kemurnian yang dapat mencapai 99,99 %. Struktur kristal aluminium adalah fcc, dengan kemampuan hantar listrik 64,94 % untuk kemurnian 99,99 %. Ketahanan Aluminium terhadap korosi tergantung pada kemurniannya, semakin murni semakin tahan terhadap korosi.

b) Al-Cu dan Al-Cu-Mg.

Sebagai bahan coran dipakai aluminium paduan dengan komposisi 4 -5 % Cu, karena mudah terjadi retakan pada coran maka perlu ditambahkan Si. Sedangkan untuk memperhalus butir, ditambahkan Ti, setelah mengalami perlakuan panas kekuatan tariknya akan meningkat menjadi $\pm 25 \text{ kg/mm}^2$. Paduan Al-Cu adalah paduan yang mengandung 4 % Cu dan 0,5 % Mg, dengan penuaan pada temperatur biasa dalam beberapa hari paduan ini dapat mengeras hingga sangat dalam. Paduan ini disebut juga *Duralumin* (ditemukan oleh A. Wilm)²

c) Paduan Al-Mn.

Mn dipakai untuk memperkuat Al, tanpa mengurangi ketahanan terhadap korosinya. Paduan Al-Mn merupakan paduan tahan korosi yang tidak mengalami perlakuan panas.

d) Paduan Al-Si.

Paduan antar aluminium dengan silikon ini mempunyai sifat-sifat :

- a. Mudah mencairkannya
- b. Permukaannya sangat bagus
- c. Tidak getas karena pemanasan
- d. Sangat baik sebagai paduan coran
- e. Tahan terhadap korosi

- f. Ringan dan koefisien pemuaiannya kecil
- g. Merupakan penghantar panas dan listrik yang baik

e) Paduan Al–Mg.

Mempunyai sifat tahan terhadap korosi, dan sejak lama dikenal dengan nama *Hidronalium*. Dengan 2 – 3 % Mg, paduan ini mempunyai sifat-sifat : mudah ditempa, mudah dirol dan mudah diekstrusi.

f) Paduan Al–Mg–Si.

Pengerasan dengan penuaan sangat jarang terjadi bila Al hanya dicampur sedikit dengan Mg. Dengan menambahkan Si, paduan dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan. Paduan ini mempunyai sifat-sifat : kurang baik sebagai bahan tempaan, mempunyai mampu bentuk yang baik, sangat liat dan tahan terhadap korosi.

g) Paduan Al–Mg–Zn.

Paduan ini dapat dibuat menjadi sangat keras dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan, mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi tegangan. Sifat-sifat yang tidak baik ini berhasil dihilangkan dengan menambahkan 0,3 Mn atau Cr (hal ini akan membuat butiran kristal padatnya menjadi halus dan bentukpresipitasinya berubah). Paduan ini dinamakan *Duralumin Super Extra*.

Paduan ini juga merupakan paduan Al dengan kekuatan paling tinggi diantara paduan–paduan lainnya. Paduan ini paling banyak dipakai sebagai bahan konstruksi pesawat terbang dan sebagai bahan konstruksi umum.

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara. Paduan aluminium 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)
- 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 kedua kelompok paduan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

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

2.4 Pengaruh unsur paduan dalam Aluminium

Perbedaan titik cair dari masing-masing unsur paduan 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 :

- Unsur tidak saling mempengaruhi
- Unsur tolak-menolak
- 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 yang tidak saling mempengaruhi 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 besar menyebabkan ikatan ion atau ikatan kovalen menghasilkan ikatan kimia non-logam. Pada kasus seperti itu, hampir seluruh unsur tambahan yang tergabung dengan unsur utama membentuk senyawa tersendiri dalam struktur mikro bahan dalam bentuk partikel-partikel. Senyawa kimia

terbentuk dengan cara seperti ini merupakan unsur penguat yang penting dalam paduan tersebut. Ikatan-ikatan ini stabil karena gaya tarik-menarik antar unsur pembentuknya sangat kuat. Bila gaya tarik-menarik atom berbeda kurang kuat, ikatan logam akan terjadi, tetapi hal ini akan memungkinkan terjadinya 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 :

a. Silicon (Si)

Keuntungan dari unsur Silicon dalam paduan Aluminium :

- Mempermudah proses pengecoran
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran
- Menurunkan penyusutan dalam hasil cor

Kerugian unsur Silicon adalah :

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

b. Tembaga (Cu)

Keuntungan unsur Cu :

- Meningkatkan kekerasan bahan
- Memperbaiki kekuatan tarik
- Mempermudah proses pengerjaan dengan mesin

Kerugian unsur Cu :

- Menurunkan daya tahan terhadap korosi
- Mengurangi keuletan bahan
- Menurunkan kemampuan dibentuk dan dirol

c. Mangan (Mn)

Keuntungan unsur Mangan (Mn) adalah :

- Meningkatkan kekuatan dan daya tahan terhadap temperatur tinggi
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Mengurangi pengaruh buruk unsur besi

Kerugian Unsur Mn :

- Menurunkan kemampuan penuangan
- Meningkatkan kekasaran butiran partikel

d. Magnesium (Mg)

Keuntungan unsur Magnesium :

- Mempermudah proses penuangan
- Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Meningkatkan kekuatan mekanis
- Menghaluskan butiran kristal secara efektif
- Meningkatkan ketahanan terhadap beban kejut/impak

Kerugian unsur Mg :

- Meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil cor

e. Nikel (Ni)

Keuntungan unsur Ni :

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

Unsur Nikel tidak menimbulkan kerugian dalam paduan.

f. Besi (Fe)

Keuntungan unsur Fe :

- Mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan selama proses penuangan

Kerugian dari unsur Fe :

- Penurunan sifat mekanis

- Penurunan kekuatan tarik
- Timbulnya bintik keras pada hasil cor
- Peningkatan cacat porositas

g. Seng (Zn)

Keuntungan unsur Zn :

- Meningkatkan sifat mampu cor
- Meningkatkan kemampuan di mesin
- Mempermudah dalam pembentukan
- Meningkatkan keuletan bahan
- Meningkatkan kekuatan terhadap beban kejut/impak

Kerugian unsur Zn :

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

h. Titanium (Ti)

Keuntungan unsur Ti :

- Meningkatkan kekuatan hasil cor pada temperatur tinggi
- Memperhalus butir kristal pada permukaan
- Mempermudah proses penuangan

Kerugian unsur Ti :

- Menaikkan viskositas logam cair dan mengurangi fluiditas logam cair

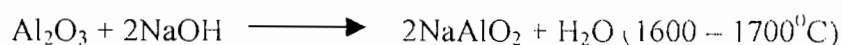
2.5 Produksi Aluminium

Dalam hal ini agak sulit memisahkan alumina dari bauksit, tidak bisa dengan pemanasan kokas atau hembusan oksigen, karena logamnya akan terbakar lebih dahulu dan yang akan tertinggal adalah kotorannya. Bauksit merupakan campuran mineral gibbsite, diaspore dan mineral lempung seperti kaolinit. Proses produksi aluminium dari bauksit meliputi dua tahap :

1. Proses pengolahan alumina (Al_2O_3)
2. Proses elektrolisa alumina menjadi aluminium

2.5.1 Proses pengolahan alumina

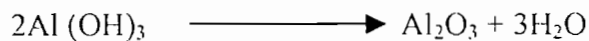
Proses pengolahan bauksit menjadi alumina melalui suatu rangkaian proses yang disebut *proses Bayer*. Bauksit dimasukkan kedalam larutan (NaOH) dan alumina yang terdapat didalamnya membentuk sodium aluminat.



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



Kemudian $\text{Al}(\text{OH})_3$ atau aluminium hidroksida dicuci dan selanjutnya dipanaskan sampai temperatur $1100^0 - 1200^0 \text{ C}$ untuk menghasilkan aluminium oksida (Al_2O_3) menurut reaksi sebagai berikut :



2.5.2 Proses elektrolisa alumina

Alumina yang diperoleh melalui proses pengolahan bauksit tadi, diproses lagi secara elektrolisa pada temperatur tinggi dengan proses Hall-Heroult. Karena alumina mempunyai titik leleh yang tinggi (2000^0 C) maka alumina tersebut dilarutkan kedalam *cairan criolite* (Na_3AlF_6) yang bertindak sebagai elektrolit, sehingga titik leleh menjadi lebih rendah (1000^0 C). Sebesar 15 % Al_2O_3 dapat diuraikan kedalam cryolite dan elektrolisa disini sebagai reduksi Al_2O_3 .



Cara lain yang bisa dilakukan dalam proses elektrolisa alumina adalah dengan menggunakan *Dapur cell*. Dapur cell biasanya berukuran 2,5 m x 1,5 m x 0,6 m dan membutuhkan arus listrik yang tinggi (8000 – 30.000 A) dan pada tegangan yang rendah (7 V). Anoda secara perlahan-lahan terbakar oleh elektroda bermuatan positif.

Apabila arus listrik melewatinya, alumina bermuatan positif dan tertarik ke pelapis dapur yang merupakan elektoda negatif (katoda). Kini didapat aluminium cair yang terkumpul didasar dapur, sementara oksigen disampaikan kepada anoda dan terbakar. Pemasukan aluminium dilakukan sesering mungkin.

2.6 Perlakuan panas (Heat Treatment)

Perlakuan panas adalah proses pengolahan panas pada bahan untuk memperbaiki struktur bahan dan untuk memperoleh sifat-sifat mekanik bahan sesuai dengan yang kita inginkan. Untuk mengubah struktur logam tersebut, maka dipanaskan pada suhu tertentu dalam periode waktu tertentu pula dan kemudian didinginkan dengan laju waktu tertentu.

Berikut ini macam-macam perlakuan panas secara mekanik yang sering digunakan untuk logam, terutama pada besi dan baja:

1. Annealing
2. normalising
3. quenching
4. tempering

Dalam penelitian ini perlakuan panas yang digunakan adalah perlakuan panas Quenching.

2.6.1 Perlakuan Panas Quenching

Perlakuan panas (heat treatment) quenching ini dilakukan, agar nantinya hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian lain mengenai korosi terhadap aluminium yang menggunakan perlakuan panas berbeda ataupun metode yang berbeda.

Adapun prosedur Quenching adalah sebagai berikut; kita masukkan bahan kedalam oven dengan temperatur steady 50° diatas suhu kritis dari bahan. Kita biarkan bahan didalam oven selama waktu tertentu, dalam penelitian ini waktu yang digunakan adalah 1 jam. Kemudian bahan kita dinginkan dengan tiba-tiba atau pendinginan kejut dengan median pendinginan tertentu (air, minyak, dll), dalam penelitian ini media yang digunakan adalah air.

2.7 Korosi

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. Cacat ini dapat menguntungkan dapat pula merugikan terhadap sifat-sifat rekayasa logam.

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. Kondisi tersebut tentu saja sangat membahayakan karena dapat menghilangkan sebagian besar kekuatannya.

Korosi yang terjadi pada tempat-tempat tertentu pada suatu permukaan logam dapat digolongkan sebagai *serangan selektif* *selective attack*. Beberapa bentuk korosi khusus yang timbul akibat faktor metalurgi diantaranya adalah :

a) Korosi Intergranuler

Batas butir sering menjadi tempat untuk terbentuknya proses-proses pengendapan (precipitation) dan pemisahan (segregation). Korosi intergranuler ini terjadi apabila daerah batas butir terserang akibat adanya endapan di dalamnya. Bahan-bahan asing yang terdapat di dalam struktur logam ada dua macam :

- **Logam antara (unsur antara / intermetalik)**, unsur-unsur yang terbentuk dari atom-atom logam, bila bersifat anoda atau katoda terhadap logam utama.
- **Senyawa**, 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. 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 (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. 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*.

b) Korosi antar butir

Korosi antar butir sering terjadi pada baja, korosi antar butir adalah korosi yang disebabkan oleh presipitasi karbida Cr pada batas butir sehingga terjadi kekurangan Cr didekatnya. Korosi mulai muncul di daerah yang mengalami kekurangan Cr ini, presipitasi karbida Cr terjadi pada daerah dengan temperatur 500° – 900° C terutama pada daerah bertemperatur 600° – 800° C.

Uji korosi antar butir dilakukan untuk mendapatkan tingkat korosi antar butir dengan cara memanaskan batang uji pada suhu 600° C. Korosi antar butir ini terjadi pada lasan, karena terbentuknya karbida Cr. Permasalahan ini dapat diatasi dengan memakai bahan berkadar C rendah, dipadu dengan Ti atau Nb karena merupakan unsure pembentuk karbida yang kuat dan mengalahkan pembentukan karbida Cr.

c) Korosi Lubang dan Krevis

- **Korosi lubang** : Korosi yang terjadi pada permukaan logam, tanpa suatu pertumbuhan spesifik (adanya ion klor).
- **Korosi Krevis** : Korosi yang menyebabkan pecahnya lapisan - lapisan pasif setempat dikarenakan pengurangan pH pada permukaan kontak dengan benda lain.

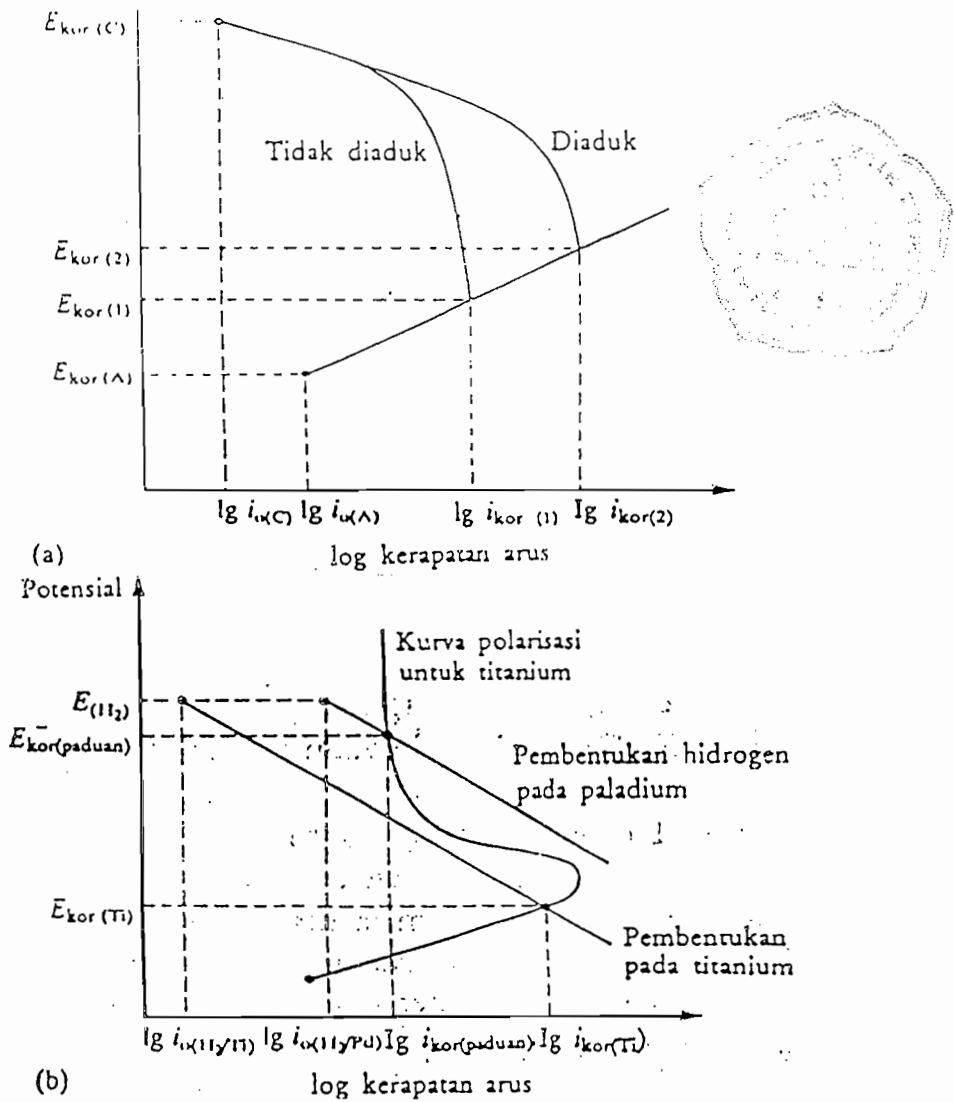
Cara untuk mengatasi kedua korosi diatas adalah dengan memberikan kombinasi Cr dan Mo yang tepat (2 – 4 % Mo).

d) Retakan korosi tegangan

Retakan korosi tegangan adalah retakan oleh korosi lokal karena pecahnya lapisan pasif akibat tegangan tarik. Hal ini terjadi bersamaan dengan korosi lubang, lingkungan yang berpengaruh kuat terhadap terjadinya korosi ini adalah lingkungan yang mengandung : klorida, sulfida, air pada suhu dan tekanan yang tinggi, soda kaustik. Pengujian retakan korosi tegangan biasanya dilakukan dengan pembebanan benda uji dalam larutan magnesium klorida 42 % yang mendidih.

e) Korosi batas butir

Kebanyakan logam yang diproduksi secara besar-besaran mempunyai cacat volume. Logam murni yang bebas dan cacat karena proses produksipun masih dapat terkena korosi pada batas-batas butir.

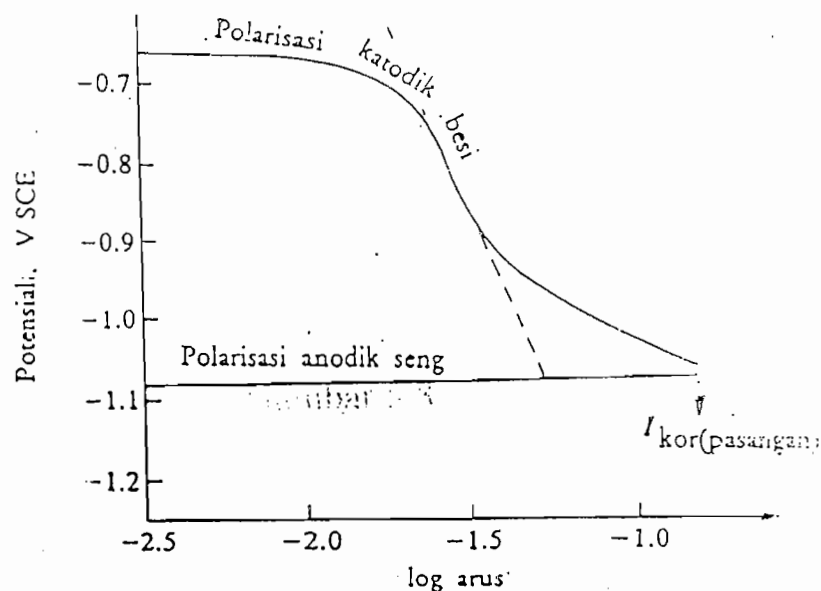


Gambar 2.1 (a) Pengaruh pengadukan pada laju korosi dalam sel galvanik.
 (b) Pengaruh pemaduan dengan logam mulia dalam mereduksi laju korosi terhadap logam pasif, misalnya titanium.

Pada gambar 2.1 di atas, titanium sebagai bahan yang pasif. Dalam asam-asam yang tidak mengoksidasi seperti asam sulfat atau asam hidroklorat, laju korosinya dipengaruhi oleh laju pembentukan hidrogen. Struktur mikro titanium menyebabkannya berperilaku sebagai anoda dan katodanya sendiri, dan logam tersebut terkorosi pada potensial $E_{kor(Ti)}$ serta laju $i_{kor(Ti)}$. Orang menggunakan efek galvanik untuk memungkinkan pembuatan paduan titanium dengan hambatan terhadap korosi yang sangat baik. Efek ini bergantung pada besarnya laju

peningkatan pembentukan hidrogen pada logam-logam mulia (paladium atau platinum). Pemaduan dengan sedikitnya 0,5 % paladium menyebabkan titanium menjadi pasif secara spontan pada potensial Ekor (paduan) dan Ikor (paduan).

Dalam asam sulfat 10 % mendidih dan dalam asam hidroklorat 10 % mendidih laju korosi 800 hingga 1000 kali lebih lambat untuk Ti dengan 0,5 % Pd dibandingkan Ti murni. Paduan-paduan lain yang mengandung platinum, rhodium, iridium dan emas mempunyai ketahanan yang sama terhadap korosi. Efek serupa diperoleh pada paduan-paduan logam mulia dengan krom. Krom dan titanium memiliki kekhususan bagaimana cara perpotongan kurva anodik dengan garis pembentukan hidrogen. Pada logam-logam lain, perpotongan ini menyebabkan meningkatnya laju korosi dalam paduan.



Gambar 2.2 Diagram Evans yang ditetapkan melalui eksperimen untuk pasangan dwilogam besi/seng.

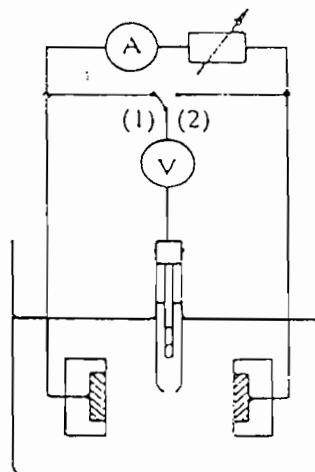
Untuk besi dan seng, grafik yang terbentuk tidak mirip dengan teori. Korelasi antara garis polarisasi besi yang diharapkan dan garis hasil pengukuran kecil. Korelasi untuk seng jauh lebih baik, kemungkinan penyimpangan garis polarisasi besi pada kerapatan arus tinggi disebabkan pembentukan hidrogen dari sekitar $-0,9$ V SCE hingga lebih rendah dari itu. Dalam diagram di atas garis-garis tidak bertemu, karena adanya hambatan dalam. Faktor lain yang menjadi 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. Kalau larutan diaduk, arus meningkat laju korosi meningkat.

Deret galvanik meramalkan bahwa logam lebih aktif akan menjadi anoda apabila gabungan itu membentuk sebuah sel korosi basah, sementara logam yang lebih mulia akan menjadi katoda.

Laju korosi logam lebih aktif mengalami percepatan, sementara laju korosi logam lebih mulia terhambat. Katoda masih mungkin terkorosi, tergantung besar polarisasi katodik yang diinduksikan. Kita perlu mengamati perilaku korosi melalui pengeplotan $E/\log I$ atau $E/\log i$, dasar-dasar teori campuran pertama kali dirumuskan oleh Evans dan digambarkan dalam diagram Evans.



Gambar 2.3 Pembuatan diagram Evans melalui eksperimen

Berbeda dengan grafit yang termasuk logam aktif, titanium (termasuk logam mulia juga) tergolong pasif. Bahan ini banyak dipakai di lingkungan agresif dan ternyata tidak menimbulkan masalah. Kondisi permukaan titanium segera membentuk selaput oksida mantap di udara yang menjadikannya sangat tahan terhadap korosi. Kasus seperti ini menyimpang dari deret galvanik. Contoh lain adalah aluminium, baja nirkarat dan paduan nikel.

Penggabungan logam-logam tak sejenis dapat diambil manfaatnya (proteksi katodik dengan cara mengorbankan anoda). Bahan yang dikorbankan (sacrificial waster) bersifat anoda, cenderung terkorosi terlebih dahulu. Jika letaknya pada posisi yang mudah terjangkau, penggantian komponen dapat dilakukan dengan lebih mudah dan lebih murah. Dalam keadaan tertentu, urutan logam-logam dalam deret galvanik

kemungkinan berubah akibat perubahan pada lingkungan. Peristiwa "*pembalikan sel*" adalah sebuah contoh penting mengenai berbaliknya fungsi seng dan besi dalam komponen-komponen baja galvanisasi pada temperatur tinggi di beberapa sistem penyediaan air minum.

f) Korosi logam tak sejenis

Korosi logam tak sejenis (dissimilar metals) adalah korosi akibat dua logam tak sejenis yang terdang (coupled) membentuk sebuah sel korosi basah sederhana, atau juga disebut korosi dwilogam atau korosi galvanik. Ada contoh kasus korosi logam tak sejenis : patung kemerdekaan Amerika (liberty) yang didirikan pada tahun 1886, ketika dipugar tahun 1980 mengalami pelemahan struktur yang sebagian disebabkan oleh korosi logam tak sejenis. Bagian luar patung terbuat dari tembaga yang terpasang pada suatu jaringan kerangka dari besi. Antara tembaga dan besi penyangganya terdapat isolasi berupa selapis ter, setelah 100 tahun lapisan ter rusak, air menyusup masuk dan korosi dwi logampun terjadi

2.7.1 Korosi pada Aluminium

Aluminium memang termasuk salah satu jenis logam yang tahan terhadap korosi, tetapi tidak berarti Aluminium tidak bisa terkorosi. Ada 3 macam lingkungan yang menyebabkan Aluminium terkorosi atau jenis-jenis korosi pada Aluminium, yaitu :

1. Korosi Atmosfer
2. Korosi Air
3. Korosi Kimiawi

1. *Korosi Atmosfer*

Bila barang atau perabotan yang terbuat dari Aluminium terletak di dalam ruangan (indoors) maka tidak akan terlalu terpengaruh dengan korosi atmosfer, tetapi akan berbeda apabila barang-barang tersebut ditempatkan di lingkungan terbuka (outdoors).

Pada lingkungan outdoors, ketahanan Aluminium tergantung pada kadar zat kimia di udara dan tingkat kelembaban udara. Semua jenis Aluminium paduan rentan terhadap air garam maupun lingkungan udara yang mempunyai kadar garam yang tinggi, hal ini dibuktikan dengan penelitian-penelitian mengenai korosi yang dilakukan di daerah pantai.

2. *Korosi Air*

Aluminium tidak banyak dipakai sebagai pipa saluran air, karena air banyak mengandung ion-ion logam seperti tembaga, tin dan nikel. Seperti dalam kaidah umum, aluminium rentan terhadap air dengan pH 4,5 sampai 4,8. Semua jenis aluminium paduan dan bahkan aluminium yang sudah diberi lapisan anoda dapat terserang korosi di dalam lingkungan air dengan pH tinggi. Jenis paduan 5xx.x dapat dipakai di lingkungan air laut, tetapi biasanya diberi perlindungan katodik ataupun pelapisan. Pengecatan adalah metode perlindungan yang paling umum.

3. *Korosi Kimiawi*

Korosi kimia disebabkan oleh zat-zat kimia, dan yang terutama adalah asam mineral baik oksidasi maupun reduksi. Salah satu contoh adalah asam nitrat, pada suhu kamar aluminium murni rentan untuk terkena korosi. Tetapi oksidasi alami dari asam nitrat dapat menimbulkan oksida film pelindung yang sangat efektif untuk menghambat korosi. Aluminium murni juga rentan dengan lingkungan ammonia, lingkungan sulfur, dan refrigerator-tipe gas fluorocarbon. Pada suhu kamar kebanyakan aluminium paduan rentan pada produk minyak dan bahan bakar lainnya (aseton, bensin, alkohol, gasoline, dll). Korosi yang disebabkan oleh zat kimia tidak dapat ditanggulangi dengan bahan-bahan tertentu, tetapi yang paling penting adalah aluminium murni mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik daripada aluminium dengan paduan apapun.

2.8 Pengujian Bahan

Pengujian bahan dimaksudkan untuk mengetahui sifat-sifat bahan itu sendiri.

Sifat-sifat suatu bahan meliputi :

1. Sifat Fisik :

- Kerapatan
- Konduktivitas listrik
- Konduktivitas panas
- Panas spesifik
- Suhu dan panas laten transformasi

- Koefisien dilatasi
- Reflektivitas
- Emisivitas
- Energi permukaan
- Energi ikatan atom

2. Sifat Mekanis

- Modulus elastisitas
- Tegangan elastisitas (proporsionalitas 0,2 % batas atas dan bawah)
- Tegangan tarik
- Beban patah
- Tegangan kelelahan
- Pengerasan
- Keliatan
- Viskositas
- Kekerasan
- Tahanan keausan

3. Sifat Kimia

- Tahanan pada korosi
- Tahanan pada oksidasi
- Stabilitas reaktivitas
- Diagram keseimbangan

Sifat-sifat logam yang penting adalah sebagai berikut :

a. Malleability / dapat ditempa

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

b. Ductility / dapat ditarik

Logam dapat dibentuk dengan tarikan tanpa menunjukkan gejala putus.

c. Toughness / sifat ulet

Kemampuan suatu logam untuk dibengkokkan beberapa kali tanpa mengalami keretakan.

d. Hardness / kekerasan

Ketahanan suatu logam terhadap penetrasi/penusukan logam lain.

e. Strength / kekuatan

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

f. Weldability

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

h. Corrosion resistance / tahan korosi

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

i. Machinability

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

j. Elasticity

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

k. 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 bersifat merusak benda uji meliputi :

- Uji tarik
- Uji geser
- Uji puntir
- Uji kelelahan
- Uji kejut (impact)
- Uji lengkung
- Uji tekan

2. Pengujian bersifat tidak merusak benda uji :

- Uji kekerasan (Brinell, Rockwell, Vickers, Knoop, Scelrescope dan share)
- Uji ames
- Uji magnaflux

- Uji zygo
- Uji magnetografis
- Uji sinar X, sinar γ
- Uji ultrasonic

Dalam penulisan ini yang dilakukan adalah pengujian tarik, maka untuk pengujian yang lain tidak dibahas dalam penulisan.

2.8.1 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).

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

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

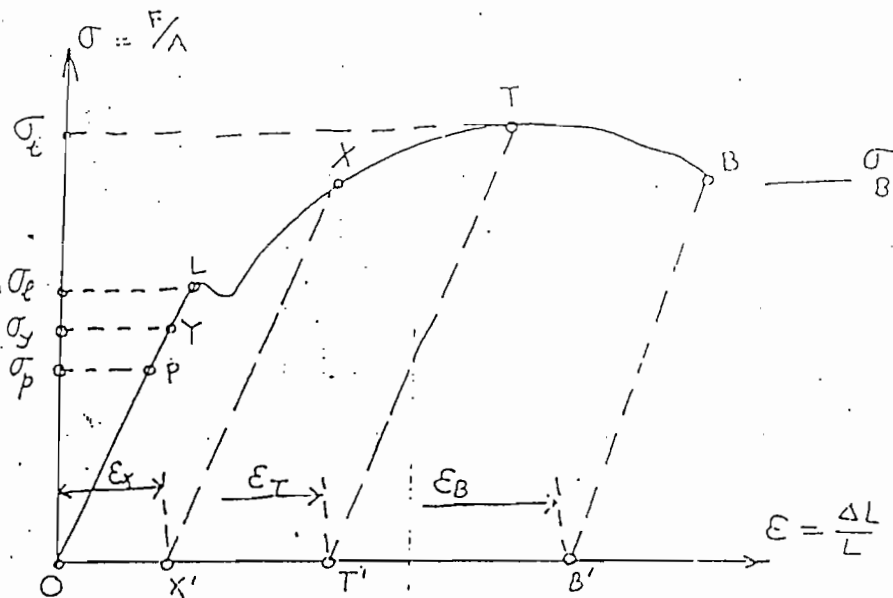
$$\varphi = \frac{A_0 - A_f}{A_0}$$

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 2.5 Hubungan tegangan dan regangan uji tarik

p = tegangan proporsional

σ_y = tegangan elastisitas (yielding stress)

σ_l = tegangan luluh

σ_t = tegangan tarik

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.

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

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

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

Apabila beban tarik diperbesar sampai titik Y (pada pertambahan panjang ΔL), kemudian beban diturunkan sampai ke titik O (beban diiadakan), 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 tegangan elastis bahan (σ_y).

Tegangan maksimum (σ_t) disebut juga tegangan 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.

2.8.2 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 elastisitas biasanya diukur pada suhu tinggi dengan metode dinamik. Nilai-nilai modulus elastisitas untuk logam teknik dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Harga modulus elastisitas bahan pada berbagai suhu

Modulus elastisitas, psi x 10 ⁻⁶					
Bahan	Suhu kamar	400 F	800 F	1000 F	1200 F
Baja karbon	30	27	22,5	19,5	18
Baja tahan karat	28	25,5	23	22,5	21
austenit	16,5	14	10,7	10,1	-
Paduan titanium	9,5	9,5	7,8	-	-
Paduan aluminium					

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

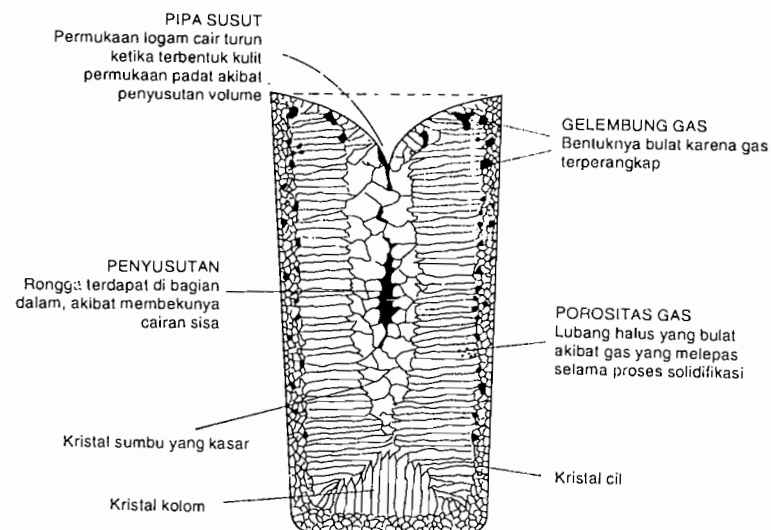
2.8.3 Tegangan tarik maksimum

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

2.9 Struktur Makro

Struktur makro adalah ciri bahan yang dapat dilihat mata, meskipun dalam praktek sering kita harus menggunakan pembesaran hingga sepuluh kali untuk mengamatinya. 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.



Gambar 2.4 Struktur ingot berbagai gambaran makrostruktur

a) *Kekosongan*

Ada dua penyebab utama terjadinya kekosongan, yaitu gelembung udara dan rongga susut. Gelembung gas mungkin terperangkap dalam logam yang dilebur atau 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 ditempat 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 intergranular.

Ketika logam cair mulai membeku pada dinding cetakan, laju pendinginan cepat dan gelembung-gelembung gas yang terperangkap membentuk rongga bulat seperti tampak pada Gambar 2.4. Dekat pusat penampang tampak rongga susut dengan bentuk dan permukaan yang tak teratur. Dekat permukaan ingot, logam dekat cetakan membeku dengan cepat, tetapi bagian tengah yang masih cair turun akibat penyusutan pada bagian bawah ingot. Disini, terbentuk rongga yang besar yang disebut pipa. Kadang-kadang pipa terbentuk dibagian bawah ingot dan bergantung pada perkembangan pendinginan logam cair.

Gambar 2.4 adalah penampang potongan logam dengan bentuk persegi, tetapi cacat sejenis dapat dijumpai pula pada sembarang bentuk coran. Pada inti ingot yang mungkin mengalami pengerjaan panas atau dingin untuk membuat lembaran, batang atau bentuk lainnya, cacat dapat diiadakan selama proses pengerjaan. Permukaan cacat tertekan dan menjadi seolah-olah membentuk las dan menyatu. Kekosongan dalam benda cor akan mengurangi penampang efektif benda dan membuat bahan lemah. Selain itu jika kekosongan sambung-menyambung, coran akan bersifat poreus 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 melemahkan bahan karena mengurangi daya tahan beban atau karena bertindak sebagai taktik 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 millimeter bahkan sentimeter, dan umumnya dijumpai dalam tiga jenis bentuk.

Segregasi Gravitasi

Segregasi gravitasi adalah pemisahan bertahap dari bahan akibat perbedaan berat jenis, sewaktu proses pembekuan berlangsung. Macam-macam segregasi gravitasi adalah:

1. 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 pertama-tama 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.

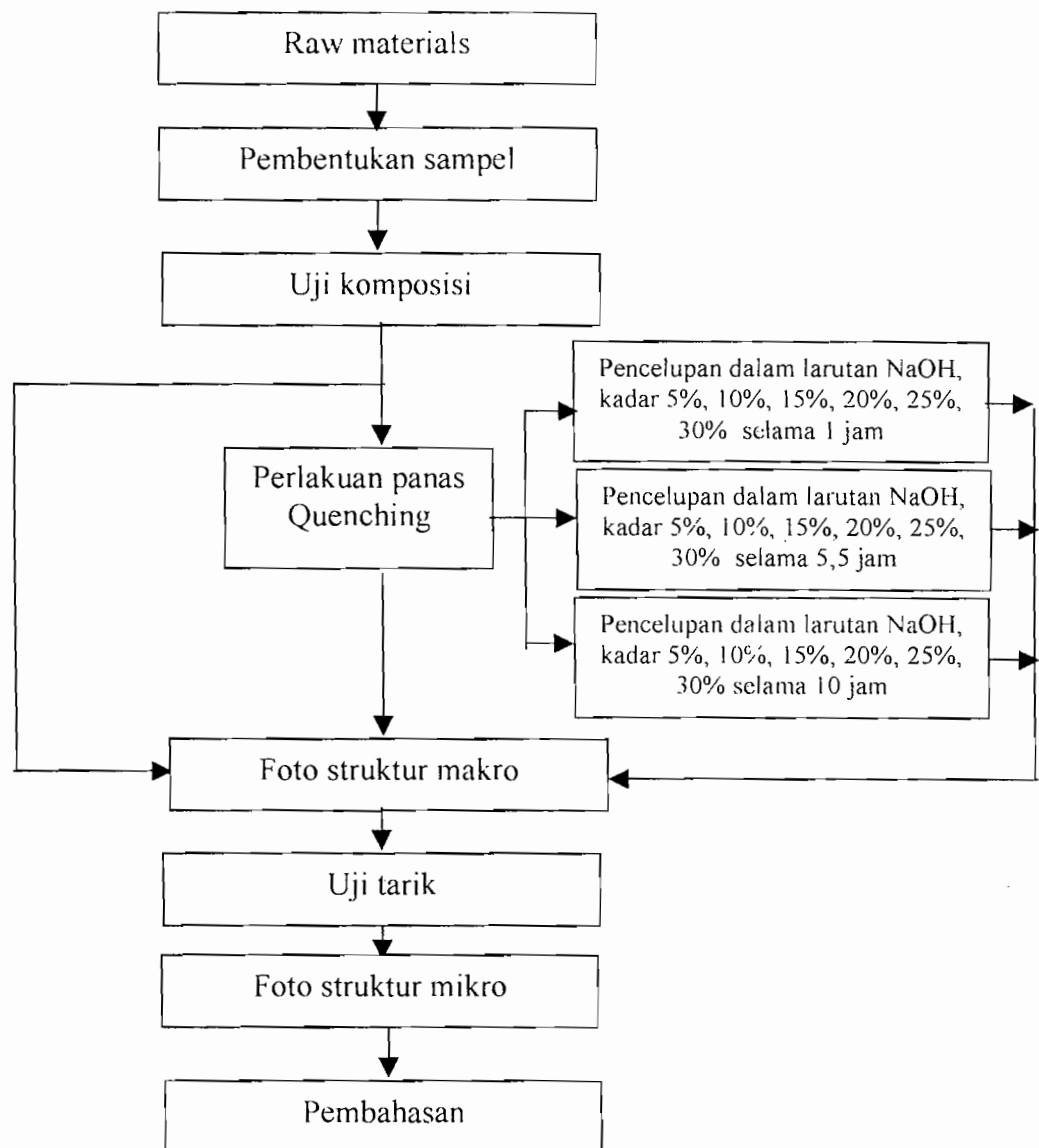
2. Segregasi Inversi

Segregasi inversi merupakan kebalikan dari segregasi normal. Bagian bahan dengan titik cair rendah terdapat dibagian luar coran. Ketika solidifikasi mulai terjadi, segregasi berlangsung secara normal. Tetapi pada akhir solidifikasi cairan yang kini kaya akan bahan dengan titik cair rendah terdesak keluar oleh butiran dendritik yang tumbuh. Ada beberapa penyebab yaitu : tekanan dipusat yang bertambah yang menyebabkan pelepasan gas secara tiba-tiba pada sisa cairan, atau aksi kapiler dalam ruang antara kristal kolom yang menyusut, atau kontraksi termal kulit luar yang sudah padat sehingga terjadi peningkatan tekanan pada cairan yang masih tersisa.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Persiapan Sampel

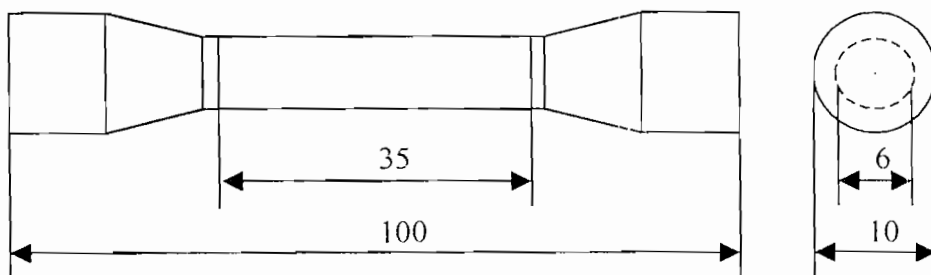
Sampel yang digunakan adalah batang Aluminium, yang kemudian dibubut dalam bentuk silinder dengan ukuran :

Diameter dalam (d) = 6 mm

Diameter luar (D) = 10 mm

Lo = 35 mm

Radius = 36 mm



Gambar 3.2 Bentuk dan ukuran benda uji (spesimen)

Pembelian bahan, pemotongan dan pengerjaan benda kerja dilakukan di HASIL ANEKA MACHINERY Jl. Kapten Mulyadi No.152 Surakarta. Dengan jumlah sampel yang dibuat sebanyak 60 buah.

3.3 Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan guna mengetahui zat-zat yang terkandung pada aluminium. Zat-zat tersebut antara lain : Cu, Si, Fe, Mg, dan Zn.

Pengujian komposisi kimia sendiri dilakukan di BALAI PENYELIDIKAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KEGUNUNGAPIAN di Jl. Cendana 15 Yogyakarta.

Berikut ini adalah tabel komposisi kimia yang diberikan :

Tabel 3.1 Hasil Analisis kimia (dalam satuan % berat)

Unsur	Aluminium - As
Si (Silikon)	0,51
Al (Aluminium)	89,77
Fe (Ferros)	0,64
Mg (Magnesium)	0,21
Cu (Cuprum)	0,81
Zn (Zink)	4,35

Dari data komposisi kimia yang diperoleh maka bahan yang dipakai ini adalah jenis aluminium paduan Zink atau Seng.

3.4 Proses Perlakuan Panas (Heat Treatment)

Proses perlakuan panas yang dilakukan adalah proses Quenching, dengan prosedur sebagai berikut; benda uji dipanaskan 50° C diatas titik kritis, untuk aluminium suhu kritisnya adalah 500° C jadi benda uji dipanaskan dalam suhu 550° C. Temperatur ini dipertahankan selama kurun waktu 1 jam, kemudian benda uji didinginkan secara tiba-tiba atau secara cepat dengan media pendingin air. Proses perlakuan panas ini dilakukan di Laboratorium Ilmu Logam USD.

3.5 Pencelupan dalam larutan NaOH

Dalam penelitian mengenai korosi dengan bahan aluminium ini, langkah selanjutnya adalah pencelupan sampel kedalam larutan NaOH. Adapun konsentrasi larutan NaOH, adalah 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Pada masing-masing tingkat konsentrasi diperlukan tiga buah sampel.

Dalam mengukur tingkat konsentrasi larutan NaOH, penulis melakukan penimbangan dengan menggunakan timbangan elektrik di Laboratorium Farmasi Fakultas Farmasi USD. Karena media yang akan dipakai untuk melarutkan NaOH adalah air maka kita perlu menimbang dulu air seberat 100 mg. Setelah itu bila kita ingin menimbang NaOH dengan konsentrasi 5%, kita ambil NaOH seberat 5 mg, kemudian kita larutkan dalam air seberat 95 mg. Untuk konsentrasi 10 % kita tambil NaOH seberat 10 mg, dan kita larutkan dalam air seberat 90 mg, demikian seterusnya untuk tingkat konsentrasi yang lain. Untuk lebih jelasnya bisa kita lihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.2 Tingkat konsentrasi larutan NaOH

	Air	NaOH
5%	95 mg	5 mg
10%	90 mg	10 mg
15%	85 mg	15 mg
20%	80 mg	20 mg
25%	75 mg	25 mg
30%	70 mg	30 mg

Langkah selanjutnya adalah melakukan pencelupan sampel benda uji dalam larutan, wadah yang digunakan untuk menampung larutan NaOH ini adalah Box Plastik (harus dipilih box plastik yang cukup tebal supaya tidak berlubang pada saat proses korosi terjadi). Untuk pencelupan itu sendiri terdapat tiga koefisien waktu, yaitu 1 jam, 5,5 jam, dan 10 jam. Setelah selesai kita ambil sampel benda uji dan kita bersihkan agar larutan NaOH tidak menempel, karena dapat mengakibatkan proses korosi yang terjadi terus menerus.

Kemudian langkah selanjutnya adalah mengukur diameter dari sampel benda uji yang sudah mengalami proses korosi tersebut.

3.6 Pengambilan Foto Makro

Karena penelitian ini mengenai pengaruh korosi maka pengambilan foto makro harus dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari korosi dan pengaruh dari kadar larutan NaOH yang berbeda-beda.

3.7 Pengujian Tarik

Langkah-langkah dalam pengujian tarik adalah sebagai berikut; benda uji dijepit pada mesin uji dengan pembebanan yang perlahan-lahan meningkat sampai pada beban tertentu dan akhirnya benda uji patah. Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum dari benda uji.

Urutan langkah pengujian tarik :

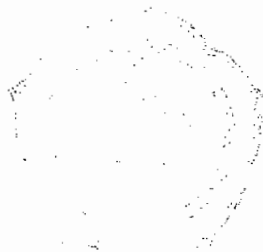
1. Ukuran benda uji dicatat sampai ketelitian 0,1 mm.

2. Benda uji dipasang pada grip (penjepit) atas dan bawah pada mesin uji. Supaya posisi penjepitan benda uji berada dalam posisi yang tepat, penjepit bagian bawah dapat dinaikkan atau diturunkan. Setelah kedudukan benda uji benar-benar vertikal, kemudian kedua penjepitnya dikencangkan.
3. Pengaturan pada panel pengaturan dilakukan sebagai berikut :
 - a. Pada “operational Control System”, kecepatan uji (test speed) diatur pada harga 5 mm/menit.
 - b. Pada “load Indicator”, sebelum POWER dihidupkan, terlebih dahulu switch-switch (yang berjejer disebelah kiri bawah) diatur. Satuan dan besaran yang digunakan adalah :
 - Satuan gaya, pada (Kg)
 - Satuan luas, pada (cm²)
 - Angka tampilan pada data display, pada (Force)
 - Jenis pengujian, pada (Tension)
 - Kondisi pengujian, pada (Break)

Lalu POWER dihidupkan dan kemudian :

- Tombol anak panah ditekan (\downarrow) berkali-kali sampai lampu MAX LOAD menyala.
- Tombol ZERO ditekan lalu harga gaya tarik maksimum yang digunakan (900 Kg) dimasukkan dengan cara mengetikkan tombol angka berturut-turut 9-0-0.

- Tombol anak panah ditekan (\downarrow) sampai lampu AREA menyala dan tombol ZERO ditekan. Kemudian besarnya luas penampang mula-mula benda uji dimasukkan sesuai dengan satuan yang digunakan (dua angka dibelakang koma).
- c. Data-data yang dimasukkan diperiksa kembali dengan menekan tombol (\downarrow) atau (\uparrow) sehingga lampu item yang akan diperiksa menyala dan harus diperhatikan tampilan pada DATA DISPLAY, bila ada kesalahan diperbaiki.
- d. Tombol (AREA START) ditekan dua kali hingga lampu start menyala.
4. Pembagian tugas, dilakukan sebagai berikut :
- Satu orang bertugas sebagai pemberi aba-aba, baik aba-aba mulai maupun sebagai pemberi aba-aba waktu.
 - Satu orang bertugas sebagai pencatat angka yang ditampilkan pada DATA DISPLAY.
 - Satu orang bertugas sebagai pencatat penambahan panjang.
 - Pemberian aba-aba dan pencatatan dilakukan setiap 3 detik.
5. Setelah semua siap pengujian dimulai, yang bertugas sebagai pemberi aba-aba mulai dengan menekan tombol (DOWN) yang terdapat pada "Operation Control System", dan menekan tombol Stop Watch dalam waktu bersamaan. Pengujian selesai.



3.8 Pengambilan Foto Mikro

Pengambilan foto mikro dilakukan untuk membandingkan struktur mikro aluminium sebelum diquench, setelah diquench, dan setelah dicelupkan dalam larutan NaOH.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

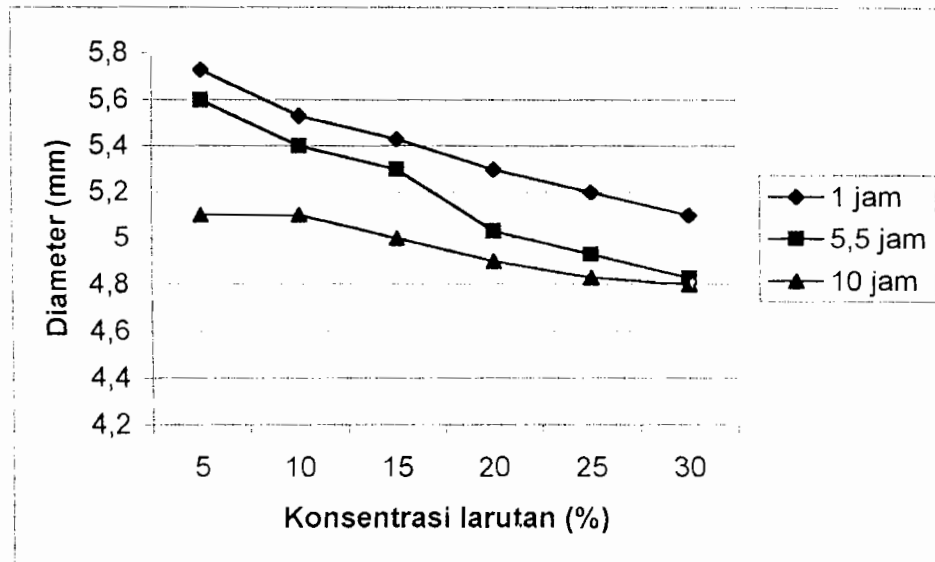
4.1 Pengukuran Diameter Sampel

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran diameter benda uji setelah dicelupkan dalam larutan NaOH, yang dilakukan penulis :

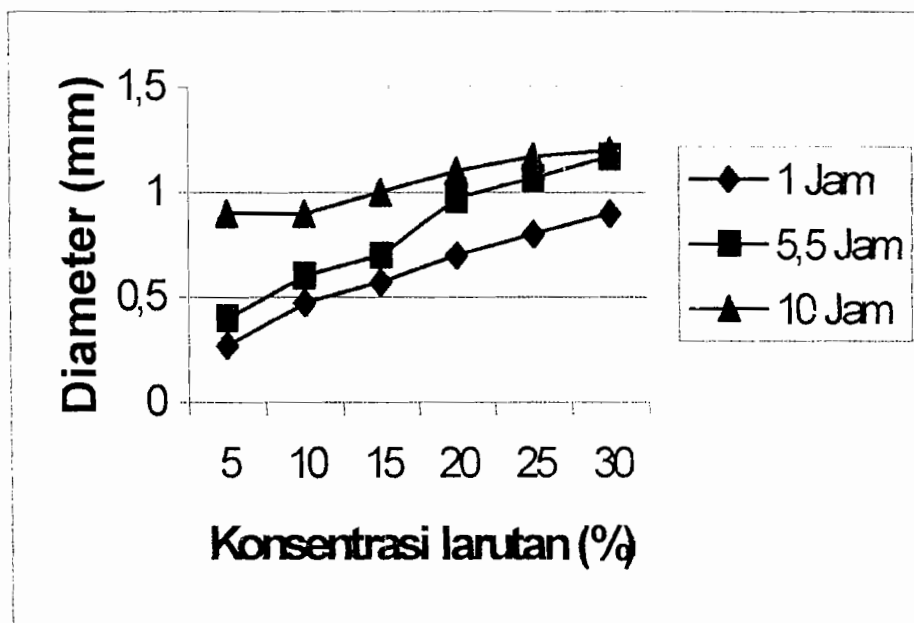
Tabel 4.1 Diameter Sampel Setelah Pencelupan (mm)

No	Kondisi	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %
1	1 Jam	5,7	5,6	5,5	5,5	5	5
2		5,7	5,5	5,3	5	5,2	5,2
3		5,8	5,5	5,5	5,3	5,3	5
Rata-rata		5,73	5,53	5,43	5,3	5,2	5,1
1	5,5 Jam	5,7	5,5	5,5	5	4,9	4,7
2		5,6	5,5	5	5	5	5
3		5,5	5,3	5,4	5,1	4,9	4,8
Rata-rata		5,6	5,4	5,3	5,03	4,93	4,83
1	10 Jam	5,1	5	4,9	4,8	4,8	4,8
2		5,2	5,2	5,1	5	4,9	4,8
3		5	5,1	5	4,9	4,8	4,8
Rata-rata		5,1	5,1	5	4,9	4,83	4,8

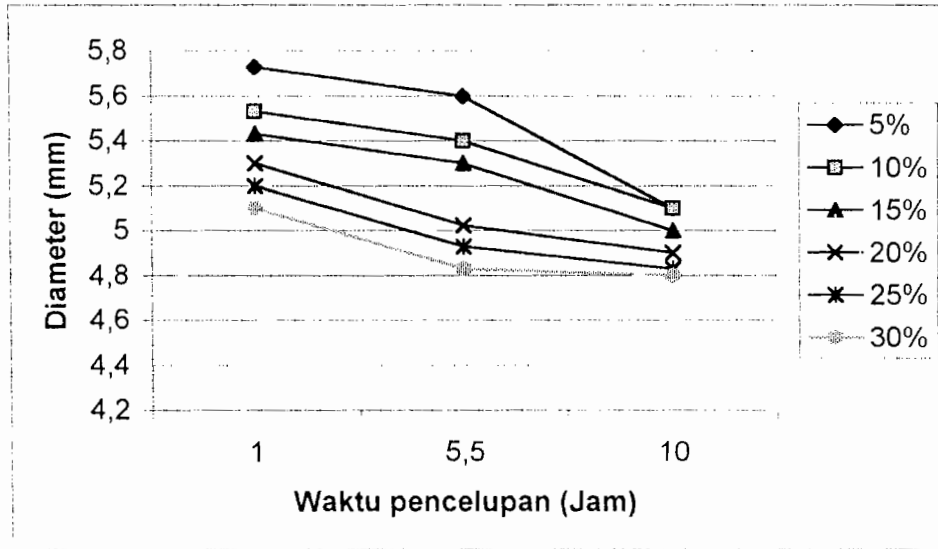
Dari hasil pengukuran diameter benda uji, dapat di buat grafik seperti Gambar 4.1 berikut ini :



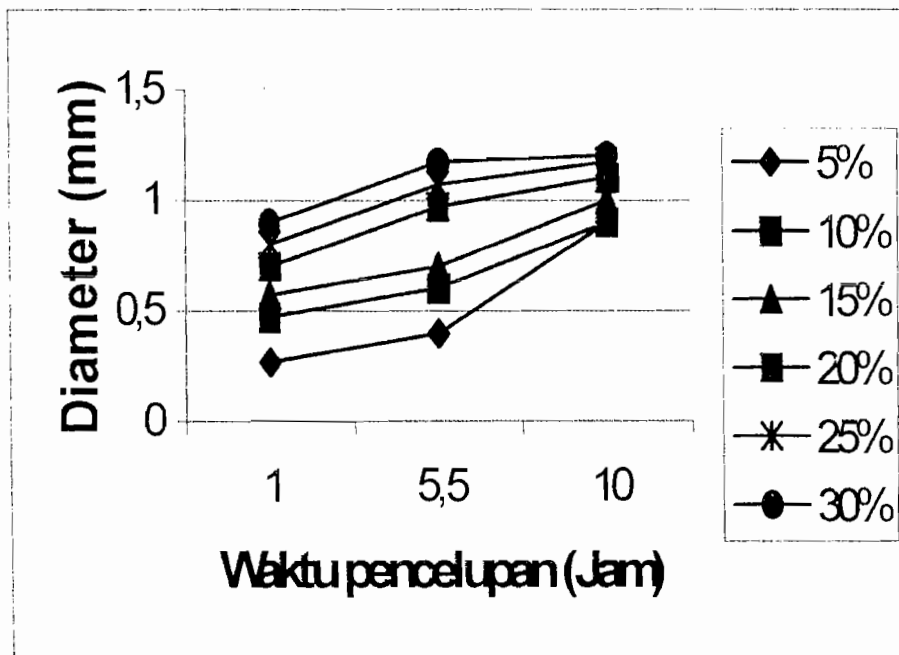
Gambar 4.1 Grafik pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap diameter aluminium



Gambar 4.2 Grafik pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap perubahan diameter aluminium



Gambar 4.3 Grafik pengaruh waktu pencelupan terhadap diameter aluminium



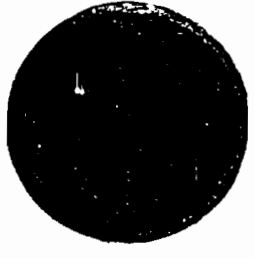
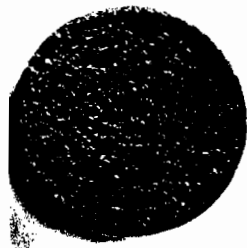
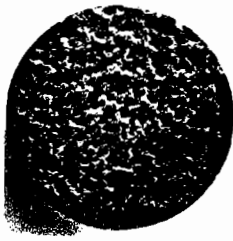



Gambar 4.4 Grafik pengaruh waktu pencelupan terhadap perubahan diameter aluminium



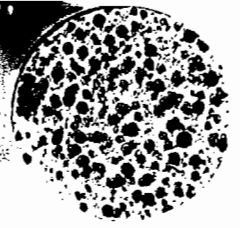








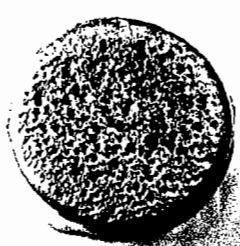
Dari grafik dapat kita lihat bahwa pengaruh dari korosi dari kadar 5 % sampai 15 %, penyusutan diameter cukup besar tetapi setelah kadar larutan 20 % keatas ternyata perubahannya tidak besar. Hal ini disebabkan karena larutan NaOH sudah mencapai titik jenuh, sehingga laju korosi menurun. Untuk waktu pencelupan, secara umum pengurangan diameter sampel yang paling besar terjadi pada pencelupan 1 jam sampai 5,5 jam.

4.2 Hasil Pengambilan Foto Makro

Berikut ini adalah hasil-hasil pengambilan foto makro yang dilakukan oleh penulis :

Tabel 4.2 Gambar Foto Makro

Waktu pencelupan	Kadar Larutan NaOH		
1 Jam			
	5 %	10 %	15 %
			
	20 %	25 %	30 %

Waktu pencelupan	Kadar Larutan NaOH			
5,5 Jam				
	5 %	10 %	15 %	
				
	20 %	25 %	30 %	
	Waktu pencelupan	Kadar Larutan NaOH		
	10 Jam			
5 %		10 %	15 %	
				
20 %		25 %	30 %	

4.3 Analisis Struktur Makro

Dengan mengamati hasil dari pengambilan foto makro, maka dapat dilihat hasil dari pemakanan larutan NaOH terhadap benda uji. Aluminium yang dicelupkan dalam larutan NaOH akan mengalami korosi dibagian luar dan menyebabkan keropos pada penampang benda uji. Dari kadar 5 % sampai 15 % tampak sekali perubahan struktur makro dimana aluminium menjadi berlubang-lubang dan keropos dan dari kadar 5 % sampai 15 % kerusakan yang ditimbulkan larutan NaOH semakin besar. Kerusakan terparah tampak pada benda uji dengan kadar 20 %, dengan lubang-lubang yang paling besar. Kemudian untuk benda uji dengan kadar 25 % sampai 30 % ternyata kerusakan yang ditimbulkan tidak separah benda uji dengan kadar 20 %, hal ini disebabkan karena larutan sudah mencapai titik jenuh sehingga daya serang terhadap aluminium berkurang. Hal ini juga bisa dilihat pada grafik pengukuran diameter benda uji setelah pencelupan, dimana setelah kadar 20 %, daya serang larutan NaOH berkurang.

4.4 Data Hasil Pengujian Tarik

Untuk bahan kondisi mula-mula sampel pertama, diperoleh data-data sebagai berikut :

$$P = 337,2 \text{ kg}$$

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

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{3,14}{4} 6^2 = 28,26 \text{ mm}^2$$

Sehingga diperoleh hasil :

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{337,2}{28,26} = 11,9 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{8,3}{35} = 0,23$$

Untuk hasil perhitungan lengkap dapat dilihat pada table perhitungan berikut :

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik

No	Kondisi	D (mm)	A (mm)	Lo (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	Pmax (Kg)	σ (kg/mm ²)	ε
1	Mula-mula	6	28,26	35	43,3	8,3	337,2	11,9	23
2		6	28,26	35	42,3	7,3	324,6	11,5	20
3		6	28,26	35	43,5	8,5	344,2	12,2	24
Rata-rata								11,8	22,3
1	Quench	6	28,26	35	44,1	9,1	313,5	11,1	26
2		6	28,26	35	44	9	320,6	11,3	25
3		6	28,26	35	43,5	8,5	331,5	11,7	24
Rata-rata								11,4	25

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Pencelupan 1 Jam

No	Kondisi	D (mm)	A (mm)	Lo (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	Pmax (Kg)	σ (kg/mm ²)	ϵ
1	5 %, 1 jam	5,7	25,5	35	44,7	9,7	268	10,5	21
2		5,7	25,5	35	43,7	8,7	337,1	13,2	22
3		5,8	26,4	35	43,7	8,7	292,9	11,1	24
Rata-rata								11,6	25
1	10 %, 1 jam	5,6	24,6	35	42,4	7,4	303,9	12,3	21
2		5,5	23,7	35	42,9	7,9	266,7	11,2	22
3		5,5	23,7	35	43,1	8,1	253,9	10,7	23
Rata-rata								11,4	22
1	15 %, 1 jam	5,5	23,7	35	42,2	7,2	212,7	10,9	20
2		5,3	22	35	42,1	7,1	243,1	11,1	20
3		5,5	23,7	35	42,7	7,7	243,3	11	22
Rata-rata								11,1	20,6
1	20 %, 1 jam	5,5	23,7	35	41,5	6,5	199,8	10,8	18
2		5	19,6	35	41,8	6,8	206,7	10,9	19
3		5,3	22,1	35	41	6	233,1	10,5	17
Rata-rata								10,9	18
1	25 %, 1 jam	5	19,6	35	42,7	7,7	234,2	10,9	22
2		5,2	21,2	35	42,7	7,7	211,5	10,8	22
3		5,3	22,1	35	42,5	7,5	201	10,6	21
Rata-rata								10,8	21
1	30 %, 1 jam	5	19,6	35	42,2	7,2	199,3	10,2	20
2		5,2	21,2	35	42,3	7,3	190,6	9	20
3		5	19,6	35	42,6	7,6	233,6	11,8	21
Rata-rata								10,8	20,3

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Pencelupan 5,5 Jam

No	Kondisi	D (mm)	A (mm)	Lo (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	Pmax (Kg)	σ (kg/mm ²)	ϵ
1	5 %, 5,5 jam	5,7	25,5	35	43,5	8,5	273,5	11,5	24
2		5,6	25,5	35	43,7	8,7	336,2	12,1	24
3		5,5	23,7	35	44,8	9,8	266,3	11,2	28
Rata-rata								11,5	25,3
1	10 %, 5,5 jam	5,5	23,7	35	44	9	304,5	12,8	25
2		5,5	23,7	35	43,6	8,6	276,1	10,8	24
3		5,3	22,1	35	43,6	8,6	280	11,8	24
Rata-rata								11,4	24,3
1	15 %, 5,5 jam	5,5	23,7	35	42,8	7,8	279,8	11,8	22
2		5,5	23,7	35	43,8	8,8	304,8	12,8	25
3		5,4	22,8	35	43,3	8,3	241,8	10,6	23
Rata-rata								11,3	23,3
1	20 %, 5,5 jam	5	19,6	35	43,2	8,2	219,6	11,2	23
2		5	19,6	35	43,3	8,3	257,5	11,1	23
3		5,1	20,4	35	43,2	8,2	230,4	11,2	23
Rata-rata								11,3	23
1	25 %, 5,5 jam	4,9	18,8	35	43,9	8,9	203,4	10,8	25
2		5	19,6	35	43,2	8,2	253,7	11	23
3		4,9	18,8	35	43,4	8,4	222,1	11,8	24
Rata-rata								11,2	24
1	30 %, 5,5 jam	4,7	17,3	35	42,7	7,7	229,1	11,2	22
2		5	19,6	35	43,4	8,4	203,5	10,3	24
3		4,8	18	35	42,2	7,2	229,8	10,7	20
Rata-rata								10,7	22

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Pencelupan 10 Jam

No	Kondisi	D (mm)	A (mm)	Lo (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	Pmax (Kg)	σ (kg/mm ²)	ϵ
1	5 %, 10 jam	5,1	20,4	35	43,3	8,3	234,8	11,1	23
2		5,2	21,2	35	43,3	8,3	217	10,2	23
3		5	19,6	35	43,7	8,7	207,5	10,6	24
Rata-rata								10,8	23,3
1	10 %, 10 jam	5	19,6	35	43,5	8,5	207	10,5	24
2		5,2	21,2	35	44,3	9,3	202,4	10,5	26
3		5,1	20,4	35	43,4	8,4	227,6	10,2	24
Rata-rata								10,4	24,6
1	15 %, 10 jam	4,9	18,8	35	42,5	7,5	204,1	10,4	21
2		5,1	20,4	35	42,8	7,8	192,2	10,4	22
3		5	19,6	35	43,4	8,4	212,7	10,1	24
Rata-rata								10,3	22,3
1	20 %, 10 jam	4,8	18,1	35	43,1	8,1	206,8	10,4	23
2		5	19,6	35	42,2	7,2	210,9	10,2	20
3		4,9	18,8	35	42,7	7,7	197,9	10,3	22
Rata-rata								10,3	21,6
1	25 %, 10 jam	4,8	18,1	35	42,1	7,1	191,8	10,3	20
2		4,9	18,8	35	43,1	8,1	204,8	10,2	23
3		4,8	18,1	35	41,4	6,4	216,3	10,1	18
Rata-rata								10,2	20,3
1	30 %, 10 jam	4,8	18,1	35	43,5	8,5	209,8	10,1	24
2		4,8	18,1	35	42,8	7,8	200,2	10,1	22
3		4,8	18,1	35	43,9	8,9	203	10,2	25
Rata-rata								10,1	23,6

Keterangan :

D = Diameter luar benda uji (mm)

A = Luas penampang benda uji (mm)

L₀ = Panjang mula-mula benda uji (mm)

L = Panjang ukur benda uji (mm)

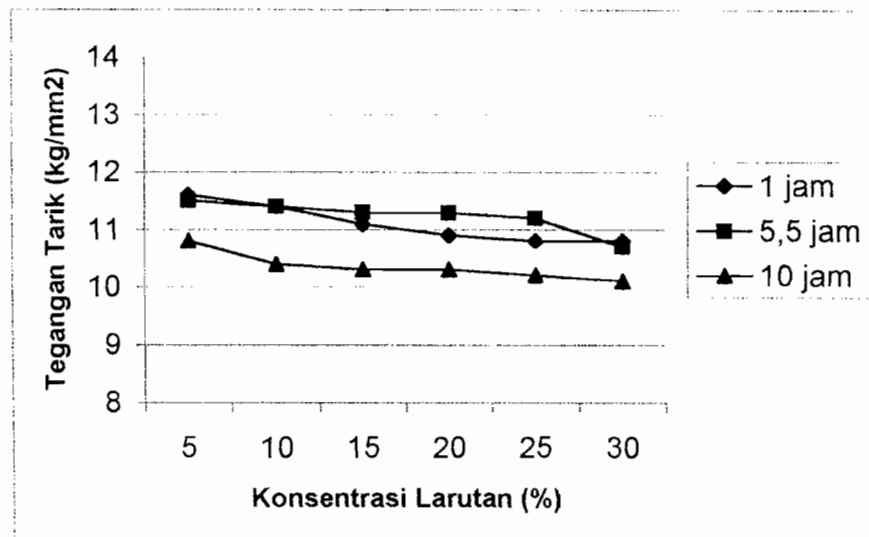
ΔL = Pertambahan panjang benda uji (mm)

P_{max} = Beban maksimum (kg)

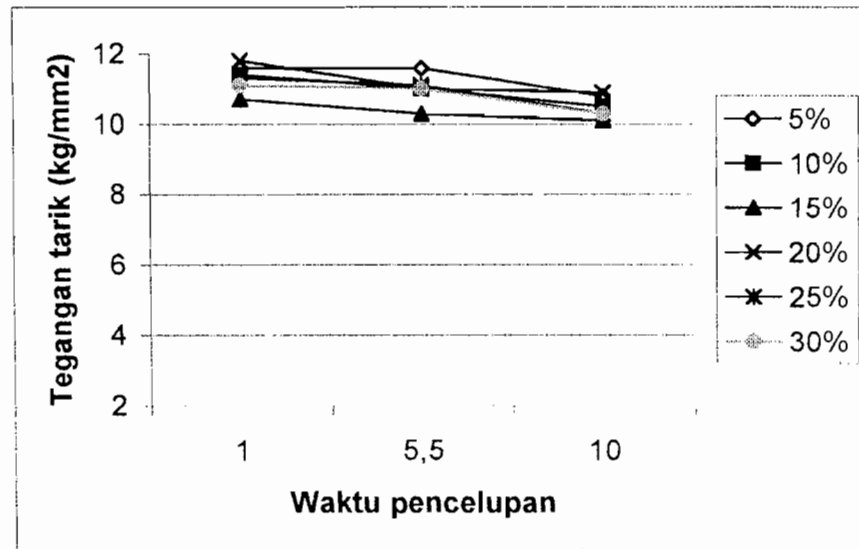
σ = Tegangan tarik (kg/mm²)

ε = Regangan

4.5 Grafik Pengujian Tarik



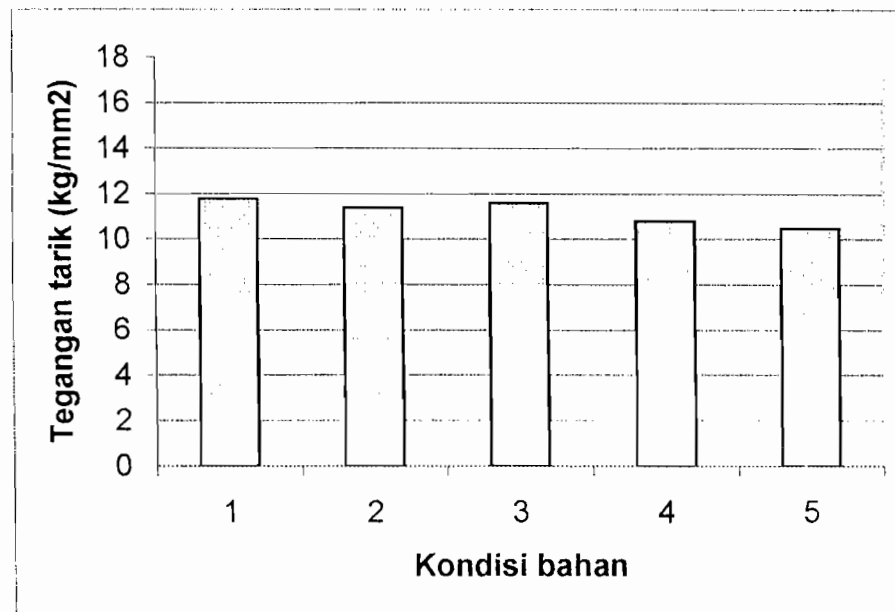
Gambar 4.5 Grafik pengaruh konsentrasi larutan terhadap tegangan tarik



Gambar 4.6 Grafik pengaruh waktu pencelupan terhadap tegangan tarik

Keterangan :

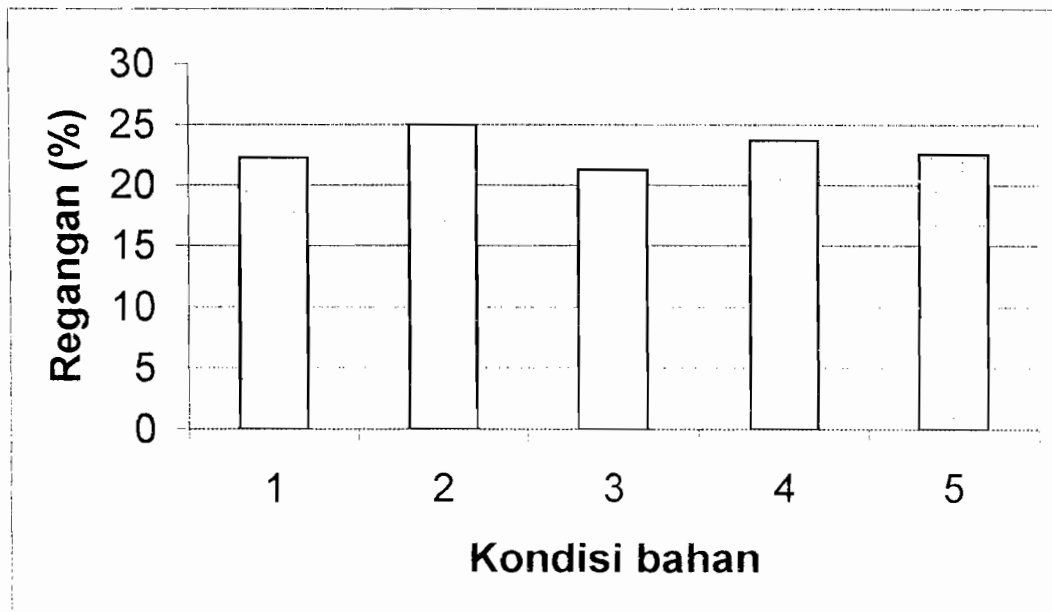
1. Dari Gambar 4.5 terlihat perubahan diameter yang terbesar terlihat pada konsentrasi larutan 5 % sampai dengan 15 %, setelah itu pada konsentrasi yang lebih besar perubahan diameter tidak mengalami perubahan yang berarti. Pada pencelupan 5,5 jam, konsentrasi 10%-15% terlihat bahwa penurunan tegangan tariknya yang terbesar.
2. Dari Gambar 4.6 secara umum, terlihat bahwa perubahan diameter yang terbesar terjadi pada waktu pencelupan 1 jam sampai 5,5 jam, sedangkan antara 5,5 sampai 10 jam perubahannya kecil.



Gambar 4.7 Grafik tegangan tarik maksimum

Keterangan :

1. Kondisi mula-mula sebelum perlakuan panas dan pencelupan dalam larutan NaOH, angka kekuatan tariknya 11,8 kg/mm².
2. Kondisi setelah mengalami perlakuan panas quenching, angka kekuatan tariknya sebesar 11,4 kg/mm².
3. Kondisi setelah mengalami perlakuan panas quenching dan pencelupan dalam larutan NaOH selama 1 jam, angka rata-rata kekuatan tarik sebesar 11,6 kg/mm².
4. Kondisi setelah perlakuan panas quenching dan pencelupan dalam larutan NaOH selama 5,5 jam, rata-rata kekuatan tariknya 10,8 kg/mm².
5. Kondisi setelah perlakuan panas quenching dan mengalamii pencelupan dalam larutan NaOH selama 10 jam, angka rata-rata kekuatan tarik sebesar 10,5 kg/mm².



Gambar 4.8 Grafik regangan benda uji

Keterangan :

1. Kondisi mula-mula sebelum perlakuan panas, regangan sebesar 22,3 %.
2. Kondisi setelah perlakuan panas quenching, regangan sebesar 25 %.
3. Kondisi setelah perlakuan panas dan pencelupan selama 1 jam, regangan rata-rata aluminium paduan adalah 21,25 %.
4. Kondisi setelah perlakuan panas dan pencelupan selama 5,5 jam, regangan rata-rata adalah 23,65 %.
5. Kondisi setelah perlakuan panas quenching dan pencelupan dalam larutan NaOH selama 10 jam, regangan rata-rata adalah 22,6 %.

4.6 Analisis Pengujian Tarik

Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk mengetahui tegangan tarik maksimum, regangan dan tegangan patah benda uji. Pada pengujian ini, aluminium paduan yang dicelupkan pada larutan NaOH mengalami pengecilan penampang pada daerah panjang uji (gage length) dan mengalami necking pada daerah tersebut. Hal ini menunjukkan sifat dari aluminium yang ulet.

Pada pengujian tarik ini aluminium yang mengalami perlakuan panas quenching, tegangan tariknya akan semakin mengecil. Hal ini disebabkan karena struktur mikro dari aluminium yang berbentuk pipih/memanjang (yang disebabkan karena proses pengerolan pada waktu pembuatan aluminium, padahal struktur seperti ini membuat aluminium bersifat ulet dan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi) akan kembali ke bentuk semula/normal setelah mengalami perlakuan panas quenching. Data yang diperoleh menunjukkan tegangan tarik terbesar aluminium adalah pada kondisi mula-mula (sebelum mengalami perlakuan panas) yang dengan rata-rata $11,8 \text{ kg/mm}^2$. Setelah perlakuan panas quenching tegangan tariknya menurun menjadi $11,4 \text{ kg/mm}^2$. Untuk pencelupan dalam larutan NaOH selama 1 jam rata-rata tegangan tariknya adalah $11,6 \text{ kg/mm}^2$. Untuk pencelupan selama 5,5 jam rata-rata tegangan tariknya adalah $10,8 \text{ kg/mm}^2$. Dan untuk pencelupan selama 10 jam rata-rata tegangan tariknya adalah $10,5 \text{ kg/mm}^2$.

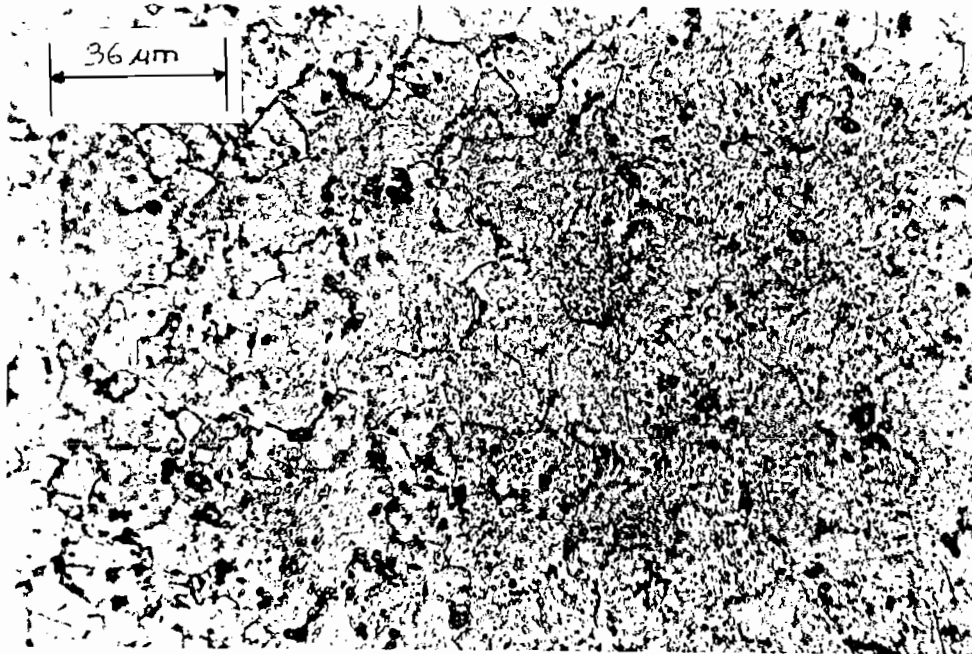
Grafik tegangan dan regangan menunjukkan bahwa aluminium paduan ini bersifat ulet. Hal ini disebabkan oleh kandungan seng yang cukup tinggi dan hasil coran bagus. Pada pengujian benda uji yang mengalami pencelupan selama 10

jam terlihat bahwa tegangan tariknya paling rendah, ini disebabkan karena waktu pencelupan yang paling lama sehingga berpengaruh pada diameter aluminium, dan struktur mikro dari aluminium dan keuletan dari aluminium menjadi banyak berkurang.

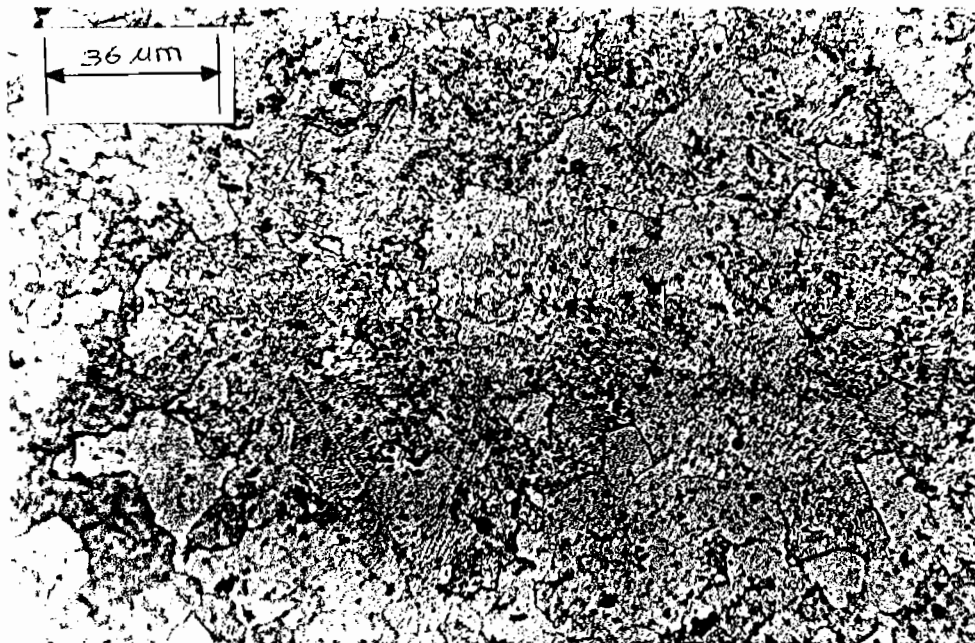
Regangan rata-rata yang terbesar terjadi pada benda uji mula-mula yang mengalami perlakuan panas quenching yaitu sebesar 8,67 %. Sedangkan regangan rata-rata terkecil terjadi pada benda uji yang mengalami pencelupan selama 1 jam yaitu sebesar 21,25 %.

4.7 Pengamatan Struktur Mikro

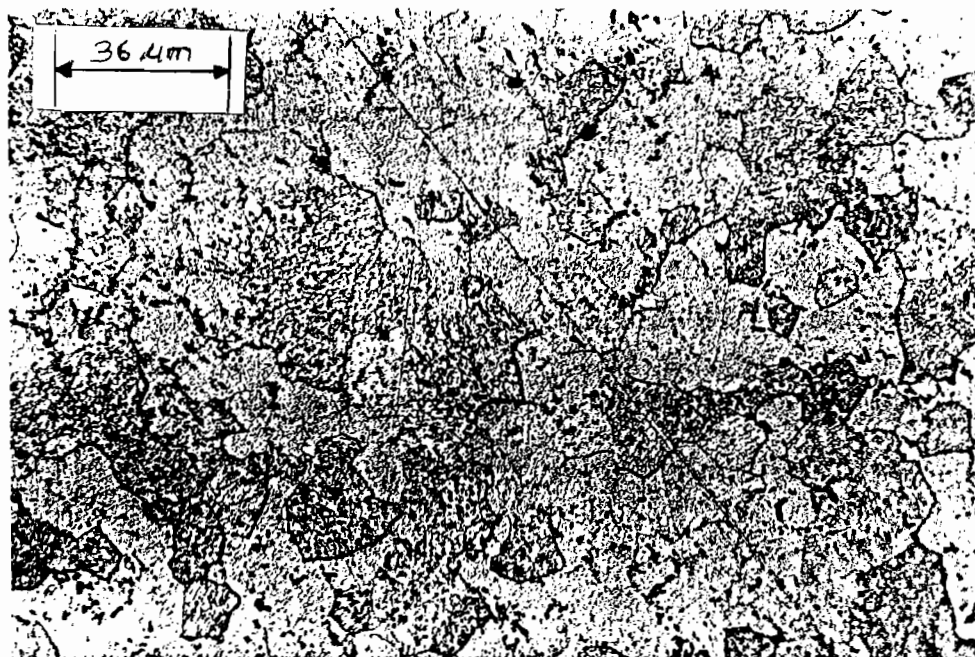
Gambar-gambar struktur mikro dari aluminium ini diambil dari aluminium kondisi awal/mula-mula, aluminium yang mengalami perlakuan quench, dan aluminium yang sudah diquench dan dicelupkan dalam larutan NaOH. Dari setiap kondisi aluminium diambil satu sampel, gambar diambil dengan perbesaran 200 kali.



Gambar 4.9 Struktur mikro aluminium kondisi mula-mula



Gambar 4.10 Struktur mikro aluminium kondisi setelah diquench



Gambar 4.11 Struktur mikro aluminium setelah mengalami pencelupan dalam larutan NaOH

4.8 Analisis Struktur Mikro

Dari gambar 4.9 dapat dilihat struktur mikro aluminium kondisi mula-mula, dan dari gambar 4.10 foto struktur mikro aluminium setelah diquench. Terlihat bahwa struktur mikronya mengalami perubahan, hal ini terjadi akibat pengaruh dari pendinginan kejut. Setelah mengalami pencelupan dalam larutan NaOH struktur mikro aluminium mengalami perubahan lagi, yang menyebabkan kekuatan tariknya berkurang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil studi literatur, hasil penelitian dan studi laboratorium, penulis dapat menarik kesimpulan :

1. Semakin besar konsentrasi larutan NaOH, maka diameter sampel juga semakin kecil. Perubahan diameter yang terbesar terjadi pada konsentrasi larutan 5 % sampai dengan 15 %, sedangkan untuk konsentrasi 20 % sampai 30 % perubahannya kecil.
2. Semakin lama waktu pencelupan sampel dalam larutan NaOH, maka diameter sampel juga semakin kecil. Secara umum perubahan diameter yang terbesar terjadi pada waktu pencelupan 1 sampai 5 jam. Untuk waktu pencelupan 5,5 jam sampai 10 jam perubahan diameter kecil.
3. Konsentrasi larutan NaOH semakin besar, tegangan tarik aluminium akan semakin kecil. Pada konsentrasi 5% - 15%, tegangan tarik aluminium mengalami penurunan yang terbesar.
4. Semakin lama waktu pencelupan aluminium dalam larutan NaOH maka tegangan tarik aluminium semakin kecil. Waktu pencelupan 1 jam sampai 5,5 jam tegangan tarik aluminium mengalami penurunan yang terbesar

Aluminium yang memiliki kekuatan tarik terbesar adalah aluminium yang belum mengalami perlakuan apapun (dalam kondisi mula-mula), yaitu sebesar $11,8 \text{ kg/mm}^2$. Setelah diquenching kekuatan tarik rata-rata aluminium adalah $11,4 \text{ kg/mm}^2$.

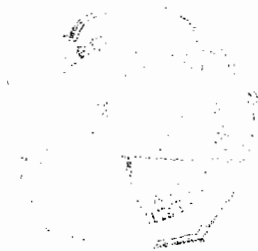
Aluminium yang dicelup dalam larutan NaOH selama 1 jam memiliki kekuatan tarik rata-rata $11,6 \text{ kg/mm}^2$, yang dicelup selama 5,5 jam memiliki kekuatan tarik $10,8 \text{ kg/mm}^2$, dan yang dicelup selama 10 jam memiliki kekuatan tarik $10,5 \text{ kg/mm}^2$.

5.2 Saran

Untuk penelitian-penelitian selanjutnya, diharapkan akan lebih cermat dan teliti lagi serta memakai variasi penelitian yang lebih banyak sehingga akan mendapatkan hasil yang lebih baik lagi

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, W.O., Davies, G.J., Heslop, S., Reyno'ds, K.A., Whittaker, V.N., 1991, *Essential Metallurgy for Engineers*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Dieter, G.E., 1990, *Metalurgi Mekanik*, Edisi Ketiga, Alih Bahasa Sriati Djaprie Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Rivai, H., *Asas Pemeriksaan Kimia*, 1995, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Saito, S., Surdia, T., *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Tre Trethewey, Chamberlain, *Korosi Untuk Mahasiswa Dan Rekayasawan*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Van Vlack, Lawrence, Alih Bahasa Sriati Djaprie, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta 1991.



LAMPIRAN



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SANATA DHARMA

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

LEJAN PENDADARAN TUGAS AKHIR/SKRIPSI

TANGGAL : 30 Januari 2004

NAMA MHS. : NUNU NGIBREYU LUSAS N° 985211073

NIM : 985211073

JUDUL :
" The Effect of Concentration and Corrosion Time on
Quenched Aluminium in the Solution of NaOH "

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

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

USULAN REVISI DARI DOSEN PEMBINA

(Kategori : Revisi)
Tanggal : 30 Januari 2004

- * Grafik hub. konsentr. larutan NaOH thd. perub. diameter diperbaiki dan thd. waktu pencelupan
- * Tomyanan pustaka (boleh kalau ada)
- * Dasar teori disesuaikan dengan masalah (tidak perlu panjang-panjang)
- * Daftar Pustaka. (urutan kebawah sesuai abjad)
- * Gambar sample (panjang ukur)
- * Alat-alat pengujian dilengkapi
- * Salannya penelitian, hasil dan pembahasan di pisahkan

Rec. 26-2-2004 *ll*

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

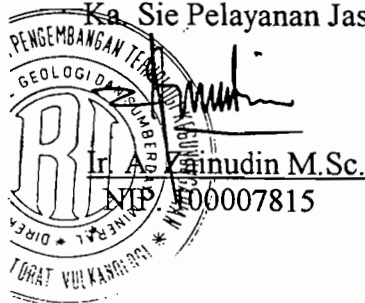
Bentuk Conto : Padat/Logam
Pengirim Conto : Sedyanto P. Manan
Asal Conto :
No. Analisa : 06/02/LK/2003
Halaman : 1 dari 1

HASIL ANALISIS KIMIA
(Dalam satuan % berat)

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

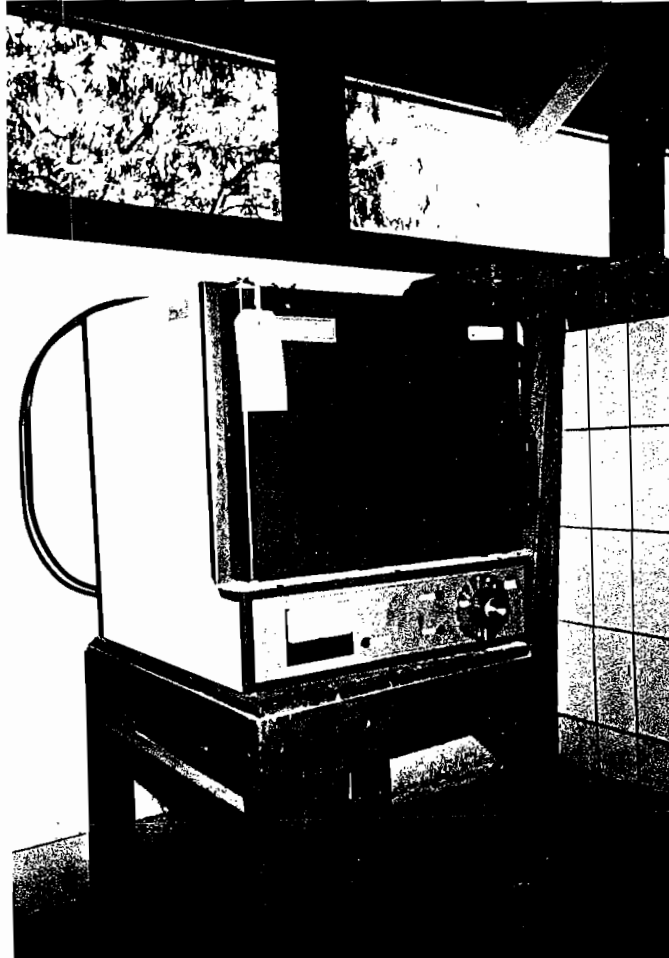
Yogyakarta, 30 Juni 2003

Mengetahui
Ka. Sie Pelayanan Jasa Laboratorium

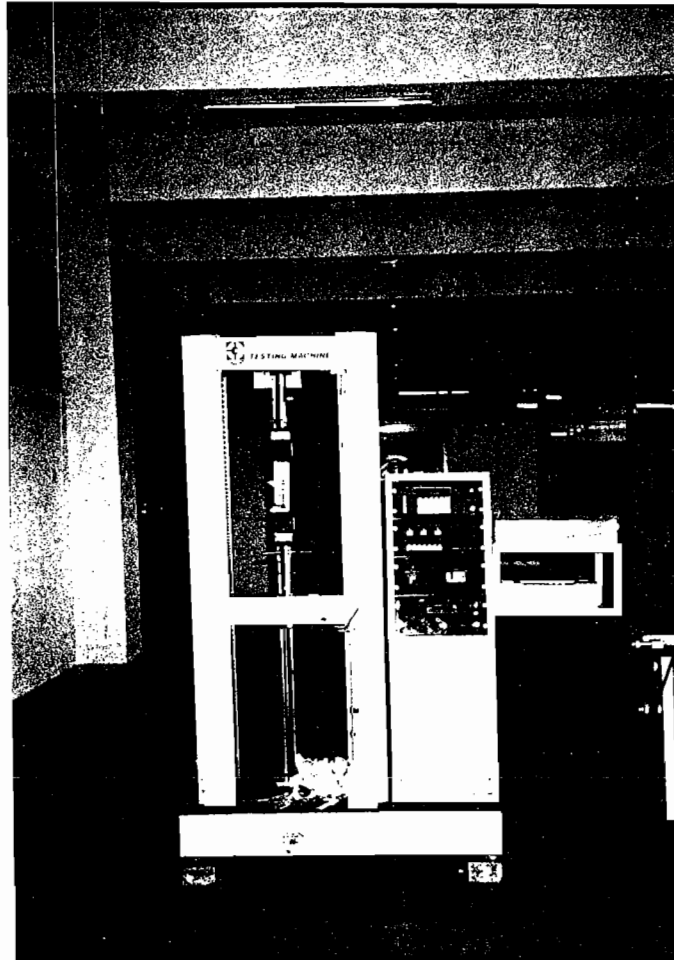


Lab. Geokimia,

Ir. N. Euis Sutaningsih
NIP. 100010995



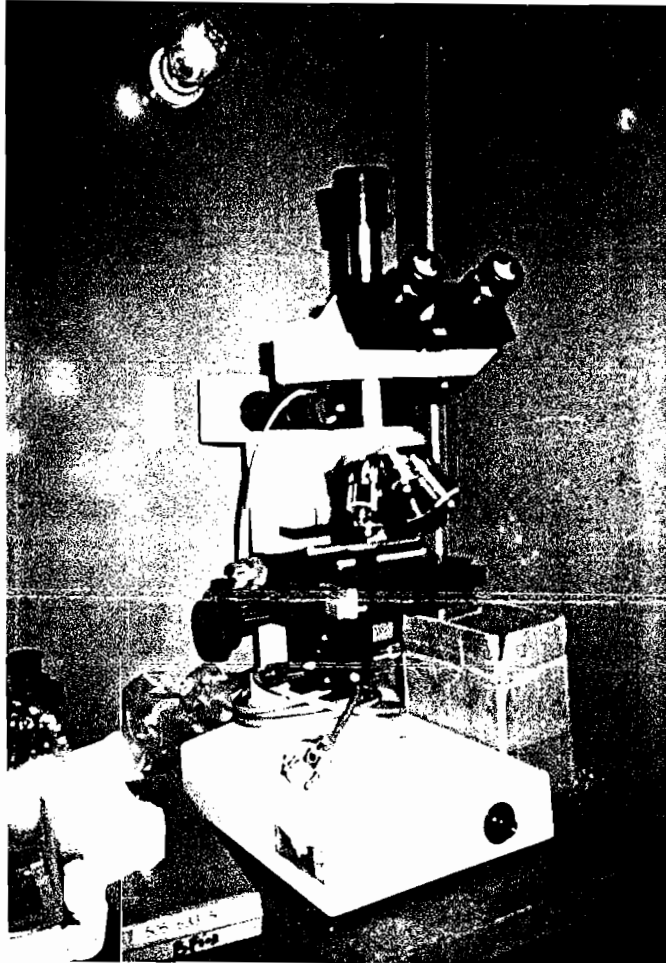
Gambar Oven heat treatment



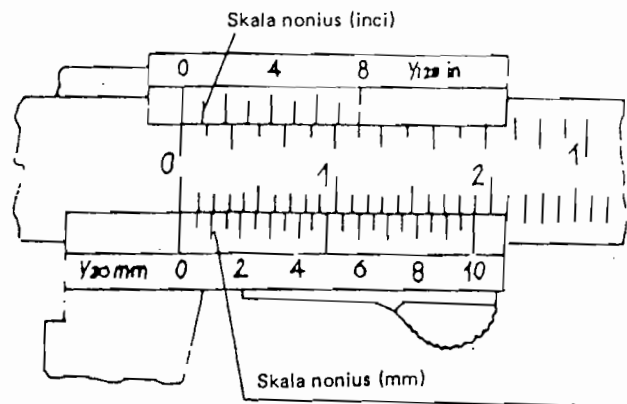
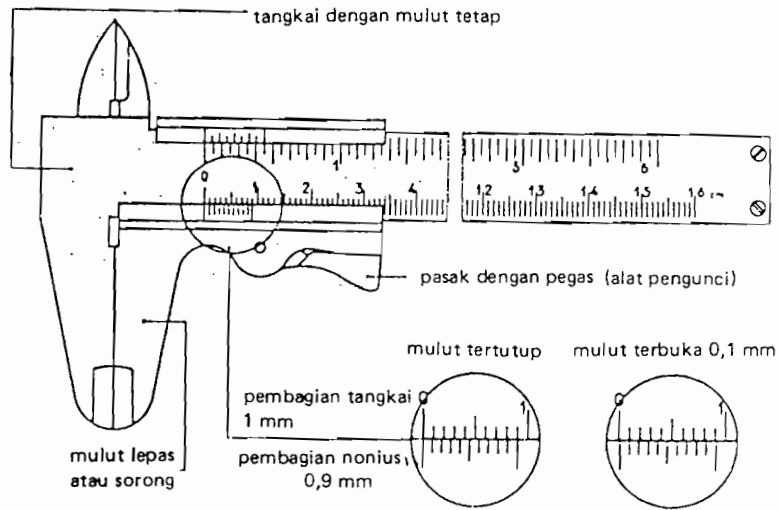
Gambar Mesin uji tarik

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Pencelupan 5,5 Jam

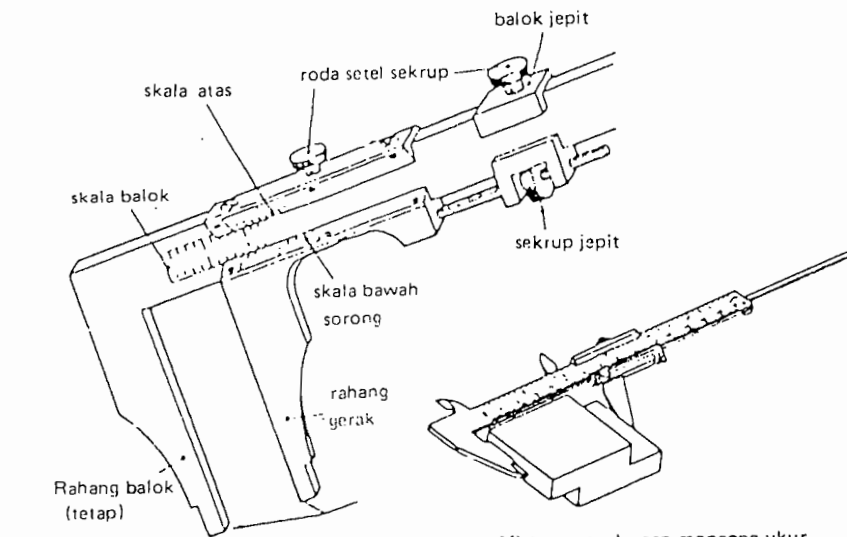
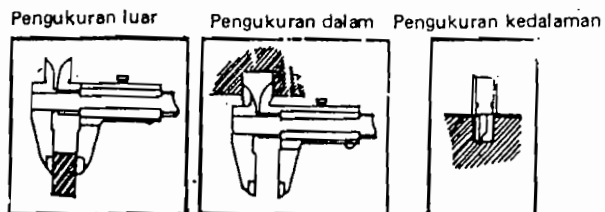
No	Kondisi	D (mm)	A (mm)	Lo (mm)	L (mm)	ΔL (mm)	Pmax (Kg)	σ (kg/mm ²)	ϵ
1	5 %, 5,5 jam	5,7	25,5	35	43,5	8,5	273,5	11,5	24
2		5,6	25,5	35	43,7	8,7	336,2	12,1	24
3		5,5	23,7	35	44,8	9,8	266,3	11,2	28
Rata-rata								11,5	25,3
1	10 %, 5,5 jam	5,5	23,7	35	44	9	304,5	12,8	25
2		5,5	23,7	35	43,6	8,6	276,1	10,8	24
3		5,3	22,1	35	43,6	8,6	280	11,8	24
Rata-rata								11,4	24,3
1	15 %, 5,5 jam	5,5	23,7	35	42,8	7,8	279,8	11,8	22
2		5,5	23,7	35	43,8	8,8	304,8	12,8	25
3		5,4	22,8	35	43,3	8,3	241,8	10,6	23
Rata-rata								11,3	23,3
1	20 %, 5,5 jam	5	19,6	35	43,2	8,2	219,6	11,2	23
2		5	19,6	35	43,3	8,3	257,5	11,1	23
3		5,1	20,4	35	43,2	8,2	230,4	11,2	23
Rata-rata								11,3	23
1	25 %, 5,5 jam	4,9	18,8	35	43,9	8,9	203,4	10,8	25
2		5	19,6	35	43,2	8,2	253,7	11	23
3		4,9	18,8	35	43,4	8,4	222,1	11,8	24
Rata-rata								11,2	24
1	30 %, 5,5 jam	4,7	17,3	35	42,7	7,7	229,1	11,2	22
2		5	19,6	35	43,4	8,4	203,5	10,3	24
3		4,8	18	35	42,2	7,2	229,8	10,7	20
Rata-rata								10,7	22



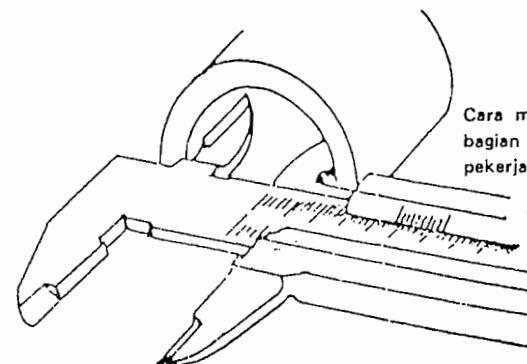
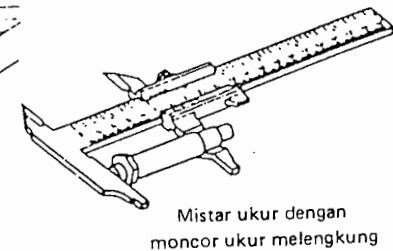
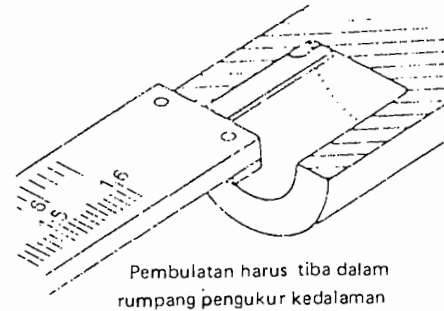
Gambar Mikroskop dan kamera foto mikro



PENGGUNAAN JANGKA SORONG



Mistar geser dengan moncong ukur yang dapat berputar



Cara mengukur atau memeriksa ukuran bagian dalam atau lubang pada benda pekerjaan dengan mistar sorong.