



UNIVERSITAS INDONESIA

KOROSI PADA PADUAN ALUMINIUM 3104-H19
DALAM LINGKUNGAN HIDROGEN PEROKSIDA

TESIS

GIARNO
NPM. 630500206Y

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL
JAKARTA
DESEMBER 2008



UNIVERSITAS INDONESIA

KOROSI PADA PADUAN ALUMINIUM 3104-H19
DALAM LINGKUNGAN HIDROGEN PEROKSIDA

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains

GIARNO
NPM. 630500206Y

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL
JAKARTA
DESEMBER 2008

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Giarno

NPM : 630500206Y

Tanda tangan :

Tanggal : 13 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Giarno
NPM : 630500206Y
Program Studi : Ilmu Material
Judul Tesis :

KOROSI PADA PADUAN ALUMINIUM 3104-H19 DALAM LINGKUNGAN HIDROGEN PEROKSIDA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Science pada Program Studi Ilmu Material, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Bambang Sugiyono (.....)
Penguji : Dr. Suhardjo Poertadji (.....)
Penguji : Dr. Azwar Manaf, M. Met (.....)
Penguji : Dr. Budhy Kurniawan (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 13 Desember 2008

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Science Program Studi Ilmu Material, pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Bambang Soegijono, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan tesis ini,
2. Dr. Suhardjo Poertadji, Dr. Azwar Manaf, Dr. Budhy Kurniawan sebagai dosen penguji,
3. Olivia dan Wafik, istri dan anakku tercinta yang selalu memberikan semangat dan dukungan,
4. Bapak Bambang Sujono beserta Ibu, Bapak Welly juga beserta Ibu, yang banyak memberikan dukungan fasilitas dan moral kepada penulis,
5. Bapak Anif, Bapak Zainuddin dan rekan-rekan material science yang lain yang telah banyak membantu dalam berdiskusi,
6. Bapak Alfajri Ismail, Msi., yang telah memberi ijin penggunaan fasilitas laboratorium,
7. Staf Pengajar dan administrasi di Program Studi Ilmu Material, dan
8. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu-persatu.

Akhir kata, saya berharap Allah Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Salemba, Desember 2008

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Giarno

NPM : 630500206Y

Program Studi : Ilmu Material

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**KOROSI PADA PADUAN ALUMINIUM 3104-H19
DALAM LINGKUNGAN HIDROGEN PEROKSIDA**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 13 Desember 2008

Yang menyatakan

(Giarno)

ABSTRAK :

Nama : Giarno
Program Studi : Ilmu Material
Judul :

KOROSI PADA PADUAN ALUMINIUM 3104-H19 DALAM LINGKUNGAN HIDROGEN PEROKSIDA

Aluminum lembaran jenis 3014-H19 diketahui banyak dipakai sebagai kemasan minuman kaleng. Mangan adalah unsur tambahan utama pada paduan Al 3104-H19 dimana fungsi mangan dapat meningkatkan kekuatan sehingga tidak mudah kusut atau robek ketika dilakukan pengerjaan dingin. Pada penelitian ini, Al 3104-H19 dengan variasi kandungan Titanium 0% berat, 0.01% berat dan 0.013% berat, akan digunakan sebagai sampel untuk pengujian korosi di dalam larutan H_2O_2 35%. Dimana diketahui pula H_2O_2 secara luas banyak dipakai sebagai desinfektan di industri makanan. Perendaman di dalam larutan dilakukan dalam jangka pendek 0 – 6 jam kemudian dilanjutkan sampai 2 minggu untuk mengetahui tingkat korosi pada masing-masing sampel. Kemudian korosi diamati dengan melihat kontur kekasaran permukaan sampel, foto mikroskop dan SEM serta dilihat kelajuan korosinya. Pada akhirnya diperoleh hasil bahwa Al 3104-H19 dengan kandungan Ti 0.01% mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik dibanding dua sampel lainnya.

Kata kunci :
Alumunium, 3104, H_2O_2

ABSTRACT :

Name : Giarno
Study Program : Material Sciences
Title :

CORROSION ON ALUMINIUM 3104-H19 ALLOY IN HYDROGEN PEROXIDE

Aluminium 3104-H19 alloy in sheet form, is widely used for beverage can. Mangan is one of substance that added to the alloy which can improve the strength of material, also withstand for disordering and tearing while cold forming process. In this study, Al 3104-H19 with various Titanium contain (0%, 0.01% and 0.013%) is used as specimens for corrosion testing in 35% H₂O₂ solution. This H₂O₂ is also known for disinfectant in food and beverages industries. Submerging specimens has been done in short term (0 to 6 hours) then continuing until 2 weeks for observing the phenomena of corrosion. Then, corrosion is observed by surface roughness of the specimens, take picture by microscope and SEM, also the corrosion rate. In result, Al 3104-H19 with Ti 0.01% has the best corrosion resistant compare to the two other specimens.

Keyword :
Aluminium, 3104, H₂O₂

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	1
1.3 Perumusan Masalah	2
1.4 Kontribusi Penelitian	2
BAB 2 STUDI PUSTAKA	3
2.1 Korosi Alumunium 3104-H19 pada Larutan Asam	3
2.2 Korosi	3
2.2.1 Peristiwa Korosi	3
2.2.2 Mekanisme Timbulnya Korosi	4
2.3 Jenis Korosi pada Alumunium	7
2.4 Penghitungan Korosi	14
2.5 Paduan Alumunium	14
2.5.1 Klasifikasi Paduan Alumunium	15
2.5.2 Paduan Alumunium Seri 3104-H19	17
2.6 Kekerasan Permukaan	20
2.7 Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂)	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Bahan-bahan	26
3.1.1 Bahan Pengujian	26
3.1.2 Bahan Kimia	26
3.2 Peralatan	26
3.2.1 Peralatan Proses Pengujian	26
3.2.2 Peralatan Analisa	26
3.3 Penyiapan Benda Uji	27
3.4 Penyiapan Media Korosi	27
3.5 Pengujian Kekasaran	28
3.6 Pengujian Korosi	28
3.7 Pengujian Komposisi Kimia	29
3.8 Pengujian Mikro	29

3.9 Penghitungan Korosi	29
BAB 4 PEMBAHASAN	30
4.1 Analisa Awal	30
4.1.1 Data dari XRF	30
4.1.2 Kekasaran Sampel Sebelum Uji Perendaman H ₂ O ₂	30
4.2 Analisa Kekasaran Setelah Perendaman	31
4.2.1 Kekasaran Sampel Al 3104-Ti 0% Setelah Direndam	31
4.2.2 Kekasaran Sampel Al 3104-Ti 0.01% Setelah Direndam	33
4.2.3 Kekasaran Sampel Al 3104-Ti 0.013% Setelah Direndam	36
4.3 Analisa Bentuk Korosi dan Senyawa Hasil Korosi	38
4.3.1 Bentuk Korosi pada Al 3104 dengan Kadar Ti 0%	38
4.3.2 Bentuk Korosi pada Al 3104 dengan Kadar Ti 0.01%	41
4.3.3 Bentuk Korosi pada Al 3104 dengan Kadar Ti 0.013%	43
4.4 Penghitungan Laju Korosi	45
4.4.1 Laju Korosi pada Al 3104 dengan Ti 0%	45
4.4.2 Laju Korosi pada Al 3104 dengan Ti 0.01%	49
4.4.3 Laju Korosi pada Al 3104 dengan Ti 0.013%	52
BAB 5 KESIMPULAN	56
DAFTAR REFERENSI	57
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Sel Korosi	6
Gambar 2.2 Pemanasan Alumunium pada Suhu 500 ⁰ C	8
Gambar 2.3 Foto Al 99.99% yang dipanaskan pada Suhu 500 ⁰ C selama 1 Jam	8
Gambar 2.4 Grafik Pengaruh pH terhadap Laju Kehilangan Berat Al ₂ O ₃	9
Gambar 2.5 Foto SEM Permukaan Hasil Pengerolan	10
Gambar 2.6 Foto AFM (<i>Atomic Force Microscopy</i>)	10
Gambar 2.7 Korosi Celah	13
Gambar 2.8 Karakteristik Permukaan	21
Gambar 2.9 Penjelasan Mengenai <i>Sampling Length</i> dan <i>Evaluation Length</i>	21
Gambar 2.10 Penjelasan Mengenai Ry	22
Gambar 2.11 Penjelasan Mengenai Rz	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4.1 Grafik Kekasaran Al3104 Ti 0% Setelah Perendaman	33
Gambar 4.2 Grafik Kekasaran Al3104 Ti 0.01% Setelah Perendaman	35
Gambar 4.3 Grafik Kekasaran Al3104 Ti 0.013% Setelah Perendaman	38
Gambar 4.4 Sampel Al 3104-Ti 0% Diamati Menggunakan Mikroskop	38
Gambar 4.5 Sampel Al3104-Ti 0% Diamati Menggunakan SEM	39
Gambar 4.6 Sampel Al 3104-Ti 0.01% Diamati Menggunakan Mikroskop	41
Gambar 4.7 Sampel Al3104-Ti 0.01% Diamati Menggunakan SEM	42
Gambar 4.8 Sampel Al 3104-Ti 0.013% Diamati Menggunakan Mikroskop	43
Gambar 4.9 Sampel Al3104-Ti 0.013% Diamati Menggunakan SEM	44
Gambar 4.10 Grafik Prosentase Pengurangan Berat pada Pelat dengan Kandungan Ti 0%	47
Gambar 4.11 Grafik Pengurangan Berat pada Al Ti 0%	48
Gambar 4.12 Grafik Prosentase Pengurangan Berat pada Pelat dengan Kandungan Ti 0.01%	50
Gambar 4.13 Grafik Pengurangan Berat pada Al Ti 0.01%	52
Gambar 4.14 Grafik Prosentase Pengurangan Berat pada Pelat dengan Kandungan Ti 0.013%	54
Gambar 4.15 Grafik Pengurangan Berat pada Al Ti 0.013%	55

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Potensial Standar Emf pada Temperature 25 ⁰ C	6
Tabel 2.2 Beberapa Seri Paduan Alumunium	16
Tabel 2.3 Sifat Fisik Alumunium 3104-H19	18
Tabel 2.4 Komposisi Kimia 3104-H19	19
Tabel 4.1 Hasil Uji XRF Sampel Dibandingkan dengan Standar Al3104	30
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kekasaran Sampel sebelum Diredam H ₂ O ₂	31
Tabel 4.3 Kekasaran Al 3104-Ti0% Setelah Perendaman	32
Tabel 4.4 Kekasaran Al 3104-Ti0.01% Setelah Perendaman	34
Tabel 4.5 Kekasaran Al 3104-Ti0.013% Setelah Perendaman	36
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al3104 Ti 0%	46
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Berat Pelat AL 3104 Ti 0% pada 6 Jam Pertama Perendaman	46
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0% pada Perendaman 6 Jam Keatas	48
Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.01%	49
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Berat Pelat AL 3104 Ti 0.01% pada 6 Jam Pertama Perendaman	50
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.01% pada Perendaman 6 Jam Keatas	51
Tabel 4.12 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.013%	53
Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Berat Pelat AL 3104 Ti 0.013% pada 6 Jam Pertama Perendaman	53
Tabel 4.14 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.013% pada Perendaman 6 Jam Keatas	55

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1 Pengukuran Kekasaran Permukaan menggunakan Mititoyo SJ301	58
Lampiran 2 Contoh Display Hasil Pengukuran Kekasaran Pemukaan	59
Lampiran 3 XRF dan Timbangan	60
Lampiran 4 Gambar Alat XRD Phillips	61
Lampiran 5 Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0% sebelum Perendaman	62
Lampiran 6 Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0% setelah Perendaman	62
Lampiran 7 Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0.01% sebelum Perendaman	63
Lampiran 8 Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0.01% setelah Perendaman	63
Lampiran 9 Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0.013% sebelum Perendaman	64
Lampiran 10 Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0.013% setelah Perendaman	64



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampai kapunpun, industri makanan dan minuman senantiasa akan berinovasi untuk melayani umat manusia. Perkembangan industri ini menuntut pelakunya untuk selalu menemukan yang terbaik bagi produknya, baik dari segi isi, kemasan maupun cara penyajian dan promosinya. Salah satu hal penting dalam industri makanan dan minuman adalah masalah kemasannya. Kemasan adalah hal pertama yang dilihat orang ketika akan membeli suatu produk. Sehingga kemasan yang baik akan menjadi tuntutan dari pelaku bisnis di industri makanan dan minuman.

Bagi kalangan muda, minuman dalam kemasan kaleng adalah hal yang populer. Meskipun harga kemasan ini relative lebih mahal dibandingkan dengan kemasan plastik, namun minuman kaleng tetap memiliki pasar tersendiri karena adanya berbagai kelebihan, yang salah satu diantaranya adalah lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan kemasan plastic.

Minuman kemasan kaleng, meski sederhana, namun orang tetap berinovasi untuk menjadikan kemasan kaleng ini menjadi lebih baik. Alumunium 3104-H19 merupakan bahan yang luas dipakai orang untuk membuat kemasan kaleng minuman. Namun jika dilihat lebih dalam lagi, ternyata banyak pula inovasi yang dilakukan orang ke dalam Alumunium 3104 misalnya dengan menambahkan unsur tertentu sehingga diharapkan alumunium tersebut memiliki sifat tertentu yang diinginkan misalnya untuk meningkatkan ketahanan korosinya maupun kemampuan mekanisnya untuk dibentuk dengan pengerjaan dingin.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

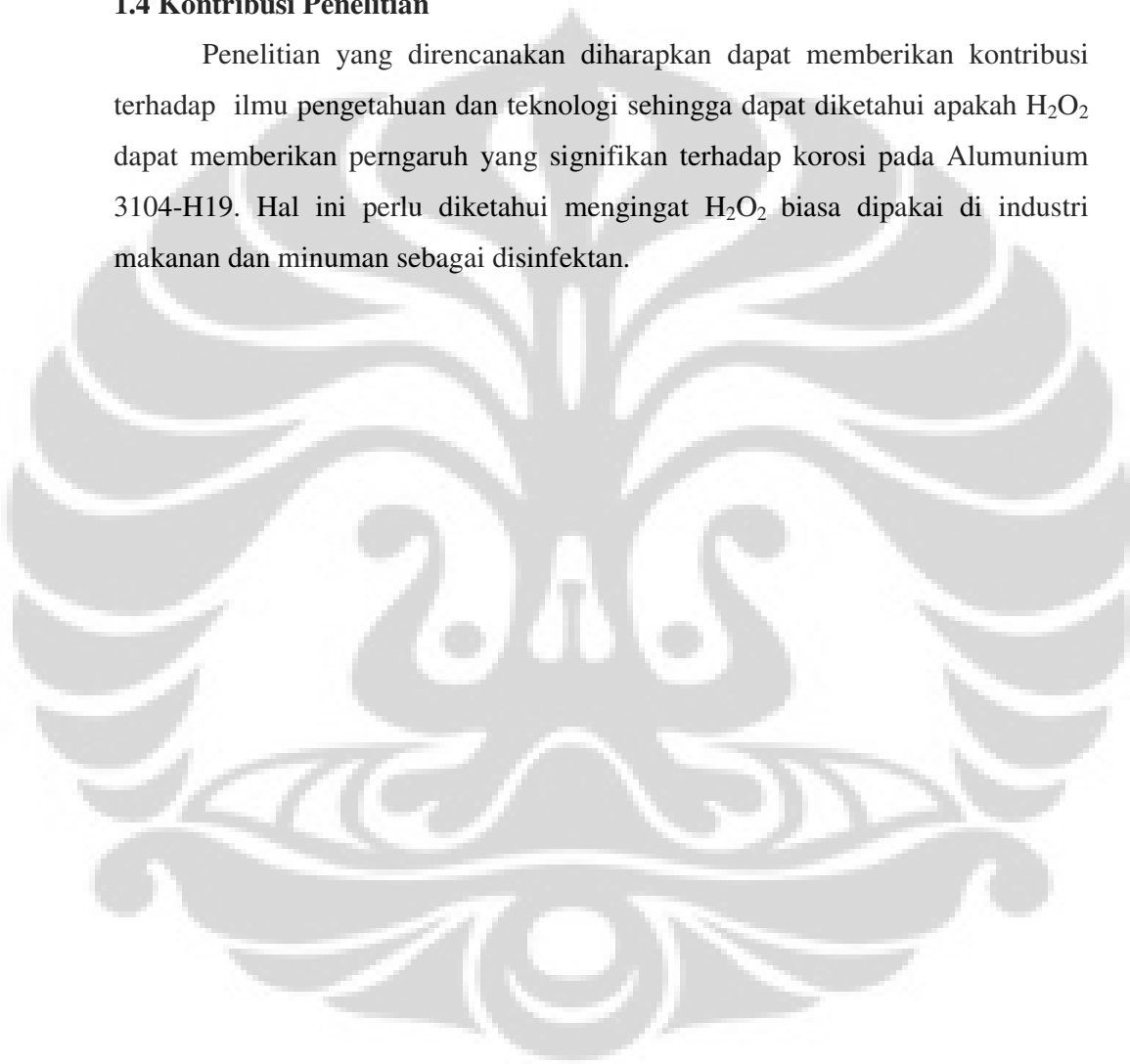
- Mengetahui bentuk korosi yang terjadi paduan alumunium 3104-H19 yang divariasikan pada besar kandungan unsur Titanium bila direndam pada H_2O_2
- Mengetahui kekasaran bahan Al3104 akibat terkorosi oleh H_2O_2 .

1.3 Perumusan Masalah

Di dalam penelitian ini, akan diuji korosi yang terjadi pada material pembuat kemasan minuman kaleng yaitu lembaran paduan Aluminium seri 3104-H19 dengan metoda perendaman dalam larutan H_2O_2 .

1.4 Kontribusi Penelitian

Penelitian yang direncanakan diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi sehingga dapat diketahui apakah H_2O_2 dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap korosi pada Aluminium 3104-H19. Hal ini perlu diketahui mengingat H_2O_2 biasa dipakai di industri makanan dan minuman sebagai disinfektan.



BAB 2

STUDI PUSTAKA

2.1 Korosi Alumunium 3104-H19 pada Larutan Asam

Paduan alumunium seri 3104 H-19 mengalami proses korosi dalam bentuk pengurangan berat pada saat direndam dalam larutan korosif selama beberapa hari. Proses korosi yang terjadi diawali dengan kerusakan lapisan film oksida pada permukaan paduan karena direndam dalam larutan asam pH4. Adapun bentuk korosi yang terjadi adalah korosi sumuran (*pitting corrosion*). Adanya tambahan unsur Ti pada paduan Alumunium 3104 juga akan menambah ketahanan terhadap korosi. Benda uji yang lebih tahan terhadap korosi adalah paduan 3104 H-19 dengan kadar Ti sebesar 0.013% berat, sedang yang paling buruk ketahanan korosinya adalah benda uji dengan kadar Ti sebesar 0.0% berat. Deret potensial korosi dari Titanium sebagai unsur paduan adalah lebih tinggi atau lebih mulia dibandingkan dengan alumunium sehingga sifat ketahanan korosinya lebih baik (Kunardianto, 2007, p 38)

2.2 Korosi

2.2.1 Peristiwa Korosi

Korosi merupakan penurunan mutu dari suatu material (umumnya logam) ataupun sifat-sifat lainnya akibat dari bereaksi dengan lingkungannya (Jones, 1992, p4). Korosi ini sangat umum terjadi di sekitar kita dimana sadar atau tidak sadar, korosi ini sangat merugikan dan dampaknya bisa sangat membahayakan nyawa jika tidak ditangani dengan baik (Sri, 2001). Beberapa contoh peristiwa korosi yang biasa terjadi di sekitar kita adalah sebagai berikut.

1. Korosi pada mobil. Peralatan metal di konstruksi mobil kita akan semakin rusak seiring bertambahnya usia mobil. Bodi mobil di bagian bawah seringkali menjadi berkarat akibat sering terkena air kotor. Bumper plastic juga menjadi getas dan lapuk akibat terpapar sinar matahari.
2. Korosi pipa air di rumah-rumah yang sudah tua. Pipa-pipa air terutama yang terbuat dari besi, pasti terkorosi dalam jangka waktu tertentu, namun demikian seiring dengan berkembangnya teknologi, pipa besi diberi coating dari polimer yang tahan korosi lebih lama. Sehingga pipa menjadi lebih awet. Pipa air yang terkorosi seringkali menjadi bocor dan menjadi kerugian di rumah tangga kita.

3. Korosi atap rumah yang terbuat dari seng. Di perkampungan saudara kita yang mempunyai tingkat ekonomi lemah, masih sering kita jumpai atap rumah yang terbuat dari seng. Seng ini terpapar langsung oleh sinar matahari dan air hujan sehingga proses korosi menjadi lebih cepat. Sebenarnya seng ini sudah dilapisi oleh logam yang potensial oksidasinya cukup tinggi sehingga cenderung lebih sulit teroksidasi, namun demikian, karena lapisan ini tidak sempurna, maka terkadang lapisan ini tergores oleh sesuatu sehingga di bagian inilah yang menjadi awal dari proses oksidasi selanjutnya.
4. Korosi pada peralatan masak kita. Alat masak yang jarang kita gunakan, seringkali kita menjumpai permukaannya terdapat karat berupa titik-titik di tempat tertentu. Ini disebut korosi *pitting*. Dan ini sangat mengganggu kebersihan dari peralatan masak kita.
5. Korosi yang terjadi di dunia industri. Di dunia industri, dimana efisiensi menjadi ujung tombak, korosi menjadi elemen yang tidak terpisahkan dari komponen biaya. Apalagi untuk proses-proses produksi yang rentan korosi, misalnya pengolahan air minum, kimia ataupun bahan-bahan cair yang lain. Korosi di industri, paling sering kita jumpai di daerah pemipaan. Terutama untuk pipa-pipa yang terpapar lingkungan luar, potensi korosi menjadi lebih besar.
6. Beton jembatan besar yang terkorosi. Korosi tidak hanya terjadi pada logam. Jembatan beton yang berumur ratusan tahun, lama kelamaan menjadi lapuk termakan usia. Beton yang semula kuat menahan beban, akhirnya roboh di usia tertentu. Oleh karena itu, jembatan dan bangunan vital lainnya memerlukan inspeksi berkala supaya tidak terjadi korban.
7. Dan banyak lagi contoh yang belum disebutkan di atas.

2.2.2 Mekanisme Timbulnya Korosi

Secara ilmiah, korosi dapat dikatakan sebagai suatu peristiwa elektrokimia antara logam dengan lingkungannya, dengan beberapa komponen sebagai syarat terjadinya, yaitu (Van Delinder, 1984, p23):

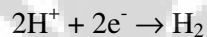
- a. anoda, sebagai tempat terjadinya reaksi oksidasi,
- b. katoda, sebagai tempat terjadinya reaksi reduksi,
- c. media elektrolit, sebagai penghantar arus listrik, dan
- d. adanya hubungan arus listrik antara anoda dengan katoda.

Terjadinya mekanisme korosi dalam elektrokimia dapat ditinjau dari potensial reduksi, di mana suatu logam yang memiliki potensial reduksi lebih rendah dibandingkan dengan potensial reduksi sistem memiliki kecenderungan spontan untuk beroksidasi (Ashworth & Booker, 1986). Sebagai contoh logam Zn yang dicelupkan dalam larutan asam akan teroksidasi, karena potensial reduksi Zn lebih rendah dibandingkan potensial reduksi H₂.



(2.1)

Masing-masing atom Zn akan kehilangan 2 elektron dan melepas ion positif (kation) Zn²⁺, di mana kation terlepas dari logam dan akan larut sedangkan elektron akan tetap berada dalam logam. Lingkungan asam kaya akan H⁺ terlarut yang memiliki kecenderungan sebagai akseptor elektron, sehingga membatasi akumulasi elektron dalam logam dengan cara bereaksi pada permukaan logam dengan membentuk gas H₂.



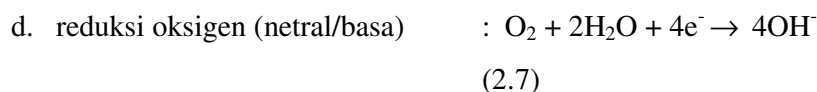
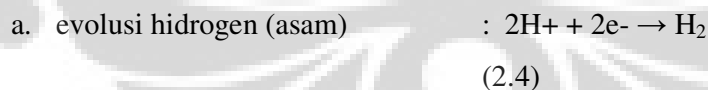
(2.2)

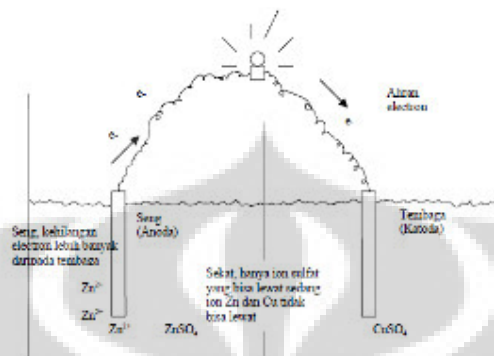
Jika

melihat dalam berbagai sudut pandang dari keseluruhan proses oksidasi dan reduksi, peristiwa korosi dapat digolongkan menjadi beberapa reaksi umum seperti di bawah ini :



2. Reaksi pada Katoda :





Gambar 2.1. Sel korosi

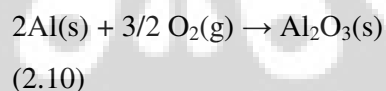
Tabel 2.1 Potensial Standar Emf pada Temperatur 25°C (Van Delinder, 1984, p35).

Reaksi	Potensial Standar (Volt vs. SHE)	Reaksi	Potensial Standar (Volt vs. SHE)
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	+1,498	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0,250
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	+1,358	$Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$	-0,277
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1,229	$Ti^+ + e^- \rightarrow Ti$	-0,336
$Pt^{3+} + 3e^- \rightarrow Pt$	+1,200	$In^{3+} + 3e^- \rightarrow In$	-0,340
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	+0,820	$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	-0,403
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+0,799	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0,440
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2Hg$	+0,799	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-0,744
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	+0,771	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-0,763
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	+0,337	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	-0,828
$Sn^{4+} + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}$	+0,150	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1,662
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0,000	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2,363
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0,126	$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2,714
$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-0,136	$K^+ + e^- \rightarrow K$	-2,925

Pada peristiwa korosi, reaksi di anodanya adalah oksidasi logam menjadi ionnya, sedangkan pada katodanya, reaksi dapat terjadi dalam berbagai bentuk. Perubahan hidrogen terjadi dalam asam atau media asam dan sebagai akibat dari elektrolisis air, reduksi oksigen sangat umum terjadi pada setiap larutan cair yang mengandung banyak oksigen terlarut (*aerated*), sedangkan reduksi ion logam dan deposisi logam hanya terjadi dalam proses kimia (Van Delinder, 1984).

2.3 Jenis Korosi pada Alumunium

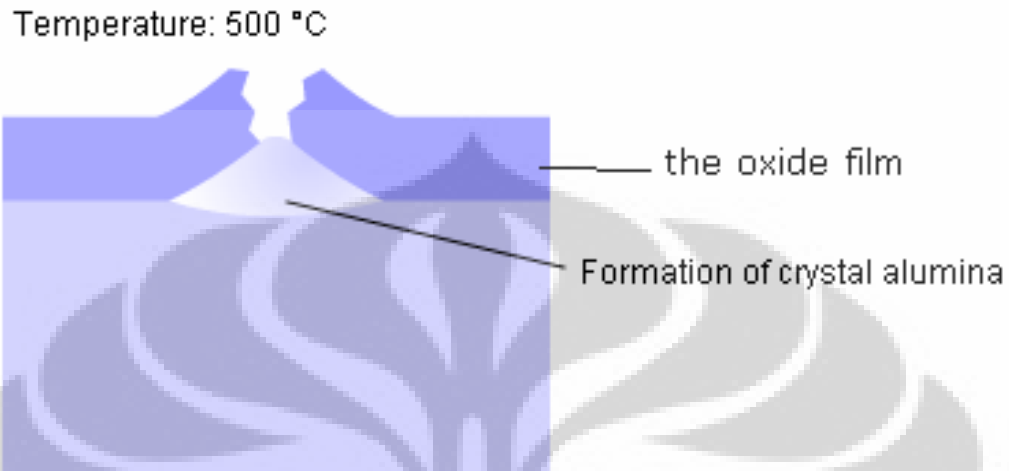
Ketahanan korosi yang baik dari alumunium adalah karena kemampuan permukaannya menjadi pasif. Hal ini karena alumunium bereaksi dengan oksigen secara cepat untuk membentuk oksida lapisan film tipis yang ketebalannya 1 – 10 nm. Lapisan film inilah yang melindungi alumunium dari serangan korosi. Makin halus permukaannya semakin bagus perlindungan oleh lapisan film oksida. Sebaliknya bila di permukaannya terdapat cacat misalnya tergores, permukaan sangat kasar karena proses machining dan sebagainya maka walaupun lapisan film alumunium oksida akan terbentuk tetapi tidak sebagus pada permukaan yang rata. Reaksi pembentukannya adalah :



Pembentukan lapisan film tergantung pada beberapa factor :

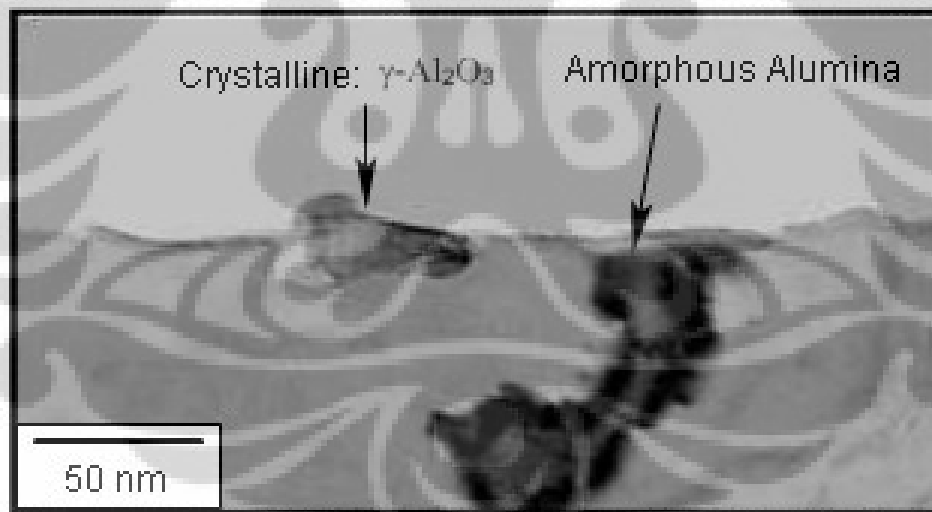
- Kondisi lembab dan basah. Bila lingkungan berupa air embun/hujan (*moisture*) lapisan oksida akan terbentuk dengan ketebalan tertentu, tetapi bila kondisi lingkungan berupa rendaman air temperature panas maka lapisan film oksida yang terbentuk akan lebih tebal. Dalam skala industri, proses perendaman alumunium dalam air mendidih merupakan salah satu cara untuk pencegahan karat pada alumunium, disebut dengan *boehmitage*.
- Dari temperature lingkungan. Percobaan yang pernah dilakukan, pada 25⁰C (suhu ruang) lapisan film oksida sudah ada terbentuk. Bila alumunium tersebut dipanaskan maka lapisan film oksida yang terbentuk akan semakin tebal seiring dengan naiknya temperature. Pemanasan dilakukan dalam waktu satu jam saja. Untuk suhu 450⁰C ke atas lapisan film akan mulai pecah karena di

bagian bawah lapisan mulai terbentuk kristal alumina. Hal ini karena konsumsi atom aluminium pada proses oksidasi menjadi terbatas



Gambar 2.2. Pemanaan Aluminium pada Suhu 500°C

(sumber : Alumatter)

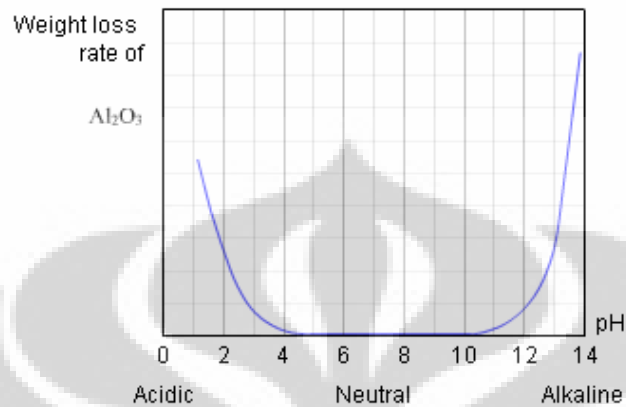


Gambar 2.3. Foto Al 99.99% yang Dipanaskan pada Suhu 500°C Selama 1 Jam

(sumber: Alumatter)

- Dalam lingkungan asam/basa. Bila lapisan film diletakkan dalam lingkungan asam (misal asam posphat) atau lingkungan basa (misal NaOH), maka lapisan film akan cepat terlarut (*dissolve*), sehingga proses

korosi semakin cepat. Dalam grafik berikut akan terlihat pengaruh kadar pH terhadap laju kehilangan berat Al_2O_3 . – (lapisan film oksida)

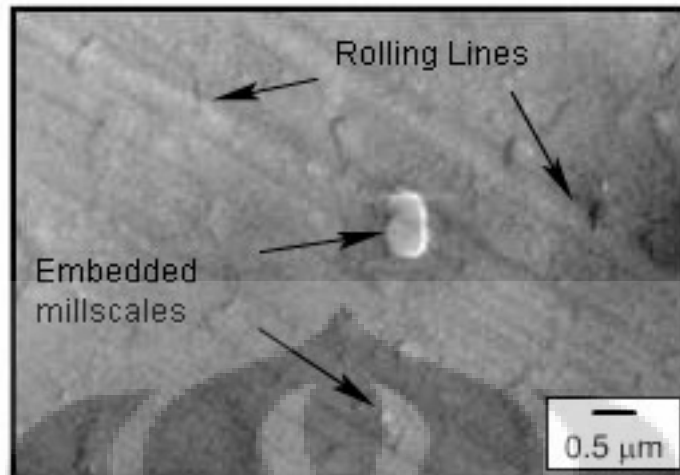


Gambar 2.4 Grafik Pengaruh pH terhadap Laju Kehilangan Berat Al_2O_3

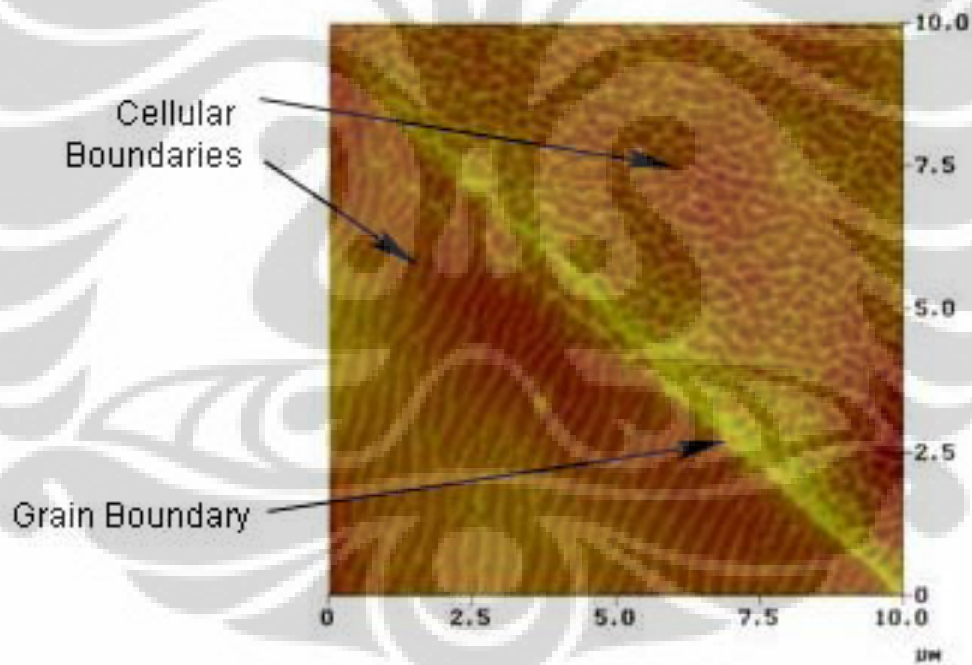
(sumber : Alumatter)

Beberapa hal yang menyebabkan terhambatnya proses pembentukan lapisan film oksida adalah karena adanya cacat permukaan saat proses pengerjaan dan proses handling dan cacat pada struktur mikro. Cacat karena proses pengerjaan dan handling misalnya :

1. gores (*scratch*)
2. kekasaran makro, contohnya hasil pengerolan
3. kotoran kecil (*milscale*), kotoran kecil yang melekat, tertanam pada permukaan saat proses pengerolan.



Gambar 2.5 Foto SEM Permukaan Hasil {engerolan
(sumber : Alumatter)



Gambar 2.6 Foto AFM (Atomic Force Microscopy)
(sumber : Alumatter)

Adapun beberapa jenis korosi yang sering terjadi pada aluminium adalah sebagai berikut:

- Korosi Merata

Korosi *uniform* (merata) ini terjadi ketika suatu logam terkorosi secara serempak pada permukaannya. Dalam hal ini lingkungan yang mempengaruhi terjadinya korosi adalah sama di setiap permukaan logam. Sedangkan logamnya pun juga mempunyai komposisi yang homogen. Tentunya sangat jarang kita menjumpai hal yang ideal seperti ini, oleh karena itu, adanya sedikit ketidakseragaman dapat ditolerir. Pada korosi merata ini, logam akan menipis (terkorosi) secara merata. Salah satu contohnya adalah terkorosinya tangki minyak yang terbuat dari *carbon steel*, sedangkan di minyaknya mengandung H_2S . Dalam kasus ini, dalam rentang waktu tertentu (misalnya 2 tahun), dinding tangki menjadi menipis sehingga lama-kelamaan akan terjadi kebocoran.

- Korosi galvanik

Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi karena bersentuhannya 2 jenis logam yang berlainan. Kedua jenis logam ini tentu mempunyai perbedaan dalam hal potensial standarnya, sehingga ketika kedua jenis logam tersebut bersentuhan, maka yang terjadi adalah perpindahan elektron, yang satu jenis bertindak sebagai anoda (terkorosi) dan yang satunya lagi sebagai katoda. Suatu deret yang telah populer kita kenal disebut deret galvanic, yaitu standar mengenai besarnya potensial dalam tiap logam, yang diukur dalam air laut dan telah disusun dalam suatu urutan. Berikut adalah deret galvanic menurut *NACE*, yang diurutkan mulai dari yang memiliki potensial paling rendah (bersifat anodik) sampai yang paling tinggi potensial (bersifat katodik) atau sering dikenal lebih mulia – *noble*.

- Korosi intergranular

Struktur mikro logam paduan tersusun atas butiran-butiran yang dipisahkan oleh batas butir. Korosi intergranular adalah serangan korosi lokal pada batas butir maupun daerah yang berdekatan dengan batas butir, sementara bagian butir yang lain tidak mengalami korosi sama sekali. Korosi ini biasanya berhubungan dengan segregasi kimia (pengotor-impurities biasanya terdapat pada batas butir) atau fasa tertentu yang terpresipitasi di daerah batas butir. Beberapa proses presipitasi dapat menghasilkan zona tidak tahan korosi di daerah batas butir. Serangan biasanya berhubungan dengan segregasi unsur tertentu dan pembentukan fasa tertentu di batas butir. Korosi kemudian

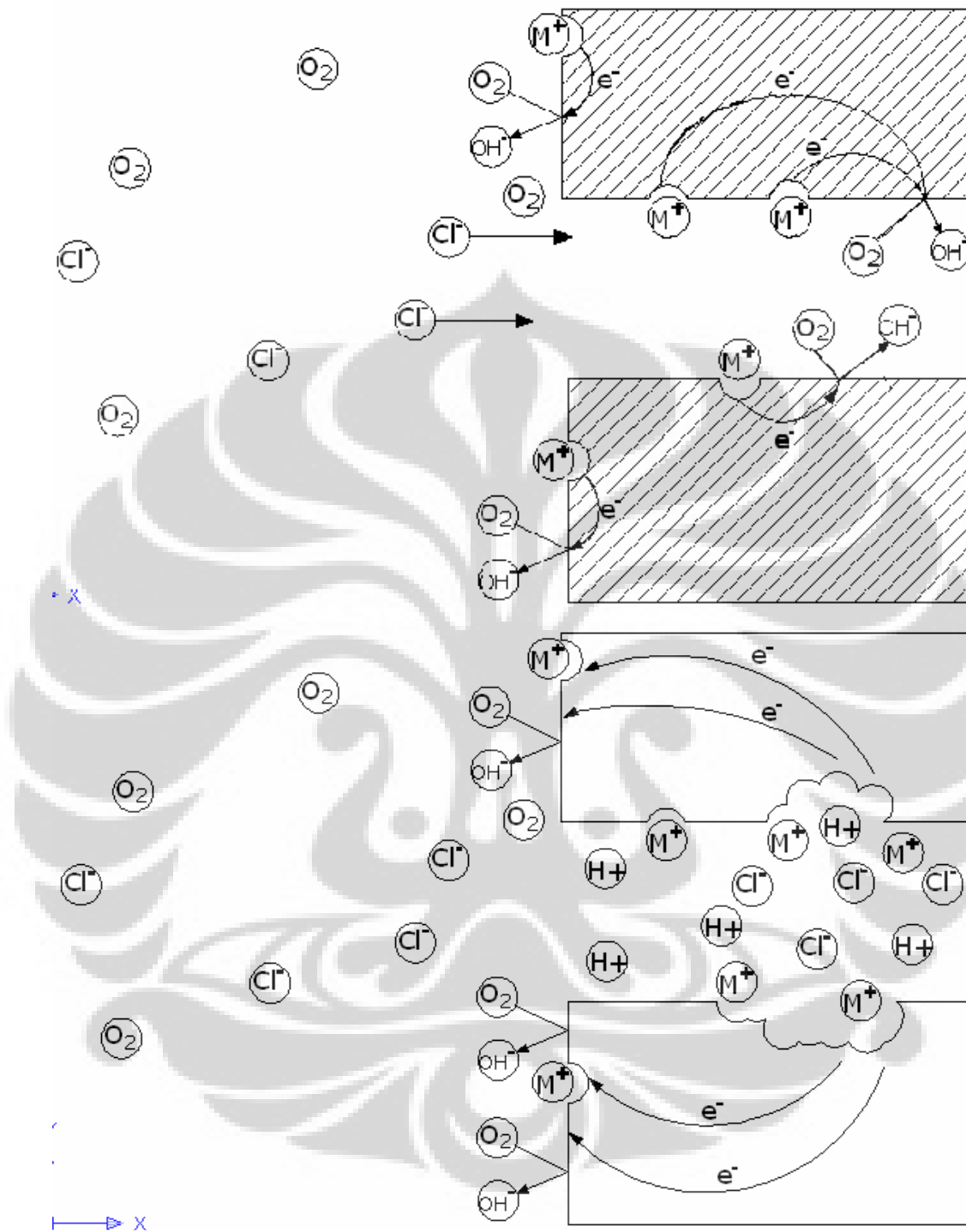
terjadi pada daerah batas butir atau pada daerah yang berdekatan dengan batas butir yang telah kehilangan unsur yang membuat tahan korosi. Paduan Aluminium bisa terserang korosi intergraular dengan parah. Dua paduan yang umum : CuAl_2 dan FeAl_3 dimana keduanya katodik, tetapi Mg_5Al_8 dan MgZn_3 bersifat anoda terhadap sekitarnya. Kehadiran paduan itu, baik anodik maupun katodik membentuk sel galvanic local yang sangat kecil bila diberikan elektrolit.

- Korosi celah (*Crevice*)

Yaitu korosi yang terjadi karena adanya celah kecil (gap, ruang) yang dapat dilalui oleh fluida dan dapat menahan fluida tersebut dalam kondisi diam. Mekanismenya adalah sebagai berikut :

- a) Pada awalnya elektrolit punya komposisi seragam sehingga korosi terjadi secara perlahan di seluruh permukaan logam yang terbuka baik di dalam celah maupun diluar celah. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut,





Gambar 2.7 Korosi Celah

- b) Pengambilan oksigen terlarut menyebabkan lebih banyak lagi difusi oksigen dari permukaan elektrolit yang kontak langsung dengan atmosfer. Oksigen di permukaan logam yang berhadapan dengan sebagian elektrolit

lebih mudah dikonsumsi daripada yang terdapat di celah, sehingga di celah kekurangan oksigen. Akibatnya menghalangi proses reduksi sehingga pembangkitan ion hidroksil yang negative dari tempat yang terkurung menjadi berkurang.

2.4 Penghitungan Korosi.

Penghitungan laju korosi dapat dikonversi dengan beberapa jenis (Callister, 1997) yaitu :

- satuan arus korosi [mA/cm²]
- kehilangan massa [g/m² /hari]
- laju penetrasi [mm/thn] atau mpy

Dengan metode sesuai ASTM G1 , bisa pula dihitung korosi material menggunakan persamaan berikut,

$$\%WL = \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100\% \quad (2.11)$$

Dimana WL = persentase kehilangan berat
 W_o = berat sebelum pengujian (milligram)
 W_t = berat setelah pengujian (milligram)

2.5 Paduan Aluminium

Logam aluminium dikenal luas di dunia industri. Logam ini berwarna keperakan dan termasuk yang sangat aktif. Sejak ditemukan pada tahun 1827 oleh Friedrich Wohler, logam ini semakin banyak dipakai untuk berbagai keperluan termasuk untuk keperluan alat rumah tangga. Beberapa keunggulan aluminium yang menyebabkan banyak dipakai di industri antara lain sebagai berikut.

- Ketahanan korosi yang cukup baik. Sebenarnya logam aluminium ini termasuk yang aktif, sehingga sangat mudah teroksidasi, namun hasil oksidanya berupa lapisan tipis yang sangat rapat sehingga menjadi penghalang untuk proses korosi selanjutnya.
- Termasuk logam yang cukup ringan, dibandingkan dengan logam lain seperti baja, nikel, tembaga dan kuningan. Aluminium memiliki berat jenis 2,7 gr/m³. Dengan sifat seperti ini, aluminium banyak dipakai sebagai konstruksi pesawat terbang.

- Mempunyai sifat mampu mesin yang cukup baik. Alumunium dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk produk dengan berbagai jenis permesinan seperti bubut, miling, bor dan lainnya.
- Sifat daya hantar listrik dan kalor cukup baik.

2.5.1 Klasifikasi Paduan Alumunium

Paduan alumunium berdasarkan pembentukannya dibagi menjadi 2 macam, yaitu hasil pengecoran (casting) dan hasil tempa (wrought). Sedangkan alumunium jenis tempa digolongkan menjadi 2 jenis lagi, yaitu Non Heat treatable (seri 1xxx, 3xxx, 4xxx, dan 5xxx), dan Heat theartable (seri 2xxx, 6xxx, dan 7xxx). Non heatreatable series hanya dapat diperkeras dan diperkuat dengan cara mekanis, misalnya roll dingin, sedangkan yang heat treatable dapat divariasikan dalam batas tertentu dengan perlakuan panas.

Tabel 2.2 Beberapa Seri Paduan Alumunium.

Seri Alumunium	Unsur Tambahan Utama	Sifat	Aplikasi
1xxx	Kemurnian Al 99%	Konduktif termal dan listrik yang baik, tahan korosi, mampu mesin yang baik	Untuk konduktor, reflector, peralatan masak dan
2xxx	Cu	Heat treatable, ketahanan korosi kurang, kuat	Komponen pesawat, velg, komponen suspensi
3xxx	Mn	Cukup kuat tanpa perlakuan panas, tahan wringking, staining, dan cracking.	Kemasan makanan dan minuman, heat exchanger,
4xxx	Si	Tahan aus, dan koefisiensi thermal nya rendah.	Welding rod, produk arsitektural, piston tempa.

a

lanjutan a

5xxx	Mg	Sifat mampu las baik	Komponen perahu dan kapal, peralatan rumah tangga, ornamen
6xxx	Mg dan Si	Heat-treatable, sifat mampu mesin yang baik dan tahan korosi.	Struktur pengelasan, komponen mobil balap.
7xxx	Zn	Heat-treatable dan kekuatan sangat tinggi	Struktur pesawat terbang

2.5.2 Paduan Alumunium Seri 3104-H19

Alumunium 3104 adalah paduan Alumunium dengan tambahan unsur utama berupa mangan. Fungsi mangan disini adalah memberikan kekuatan tambahan pada alumunium sehingga dalam bentuk lembaran, dia tidak mudah kusut atau robek. Dengan demikian alumunium jenis ini sangat cocok dipakai sebagai kemasan minuman kaleng. Sedangkan huruf "H" maksudnya paduan ini telah mengalami pelakuan khusus yaitu strain hardening. Secara lebih rinci, Alumunium 3104 H-19 memiliki sifat seperti tertera pada table 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisik Aluminium 3104-H19

Physical Properties	3104 H19	(Al murni, 99.5%)
<i>Density</i>	2720 kg/m ³	2710 kg/m ³
<i>Mechanical Properties</i>		
Hardness, Brinell	78	43.0
Hardness, Knoop	101	
Hardness, Vickers	88	
Tensile Strength, Ultimate	290 MPa	160 MPa
Tensile Strength, Yield	260 MPa	145 MPa
Elongation at Break	4 %	
Modulus of Elasticity	69 GPa	
Poisson's Ratio	0.34	
Shear Modulus	26 GPa	26.0 GPa
Shear Strength	175 MPa	83.0 MPa
<i>Electrical Properties</i>		
Electrical Resistivity	4 x 10 ⁻⁶ ohm-cm	
<i>Thermal Properties</i>		
CTE, linear	20°C 23.8 µm/m-°C	
CTE, linear	250°C 25.4 µm/m-°C	
Specific Heat Capacity	0.88 J/g-°C	
Thermal Conductivity	170 W/m-K	
Melting Point	630 - 655 °C	
Solidus	630 °C	
Liquidus	655 °C	

(sumber : Matweb)

Dari tabel di atas, terlihat sekilas bahwa Al3104 memiliki sifat mekanis yang lebih baik daripada aluminium murni.

Kandungan unsur yang terdapat pada Al 3104-H19 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4. komposisi kimia 3104 H19

	Al	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Cu	Ti	V	Ga	Other
Wt	95-	0.8-	0.8-	Max	Max	Max	0.05-	Max	Max	Max	Max
%	98.4	1.3	1.4	0.8	0.6	0.25	0.25	0.1	0.05	0.05	0.15

(sumber : MatWeb-Online)

Adapun penambahan unsur-unsur tambahan tertentu pada paduan aluminium mempunyai pengaruh sebagai berikut:

- Silikon, Si
Penambahan unsur Si akan menaikkan kekuatan, memperbaiki sifat mampu tuang, menurunkan koefisien muai panas, meningkatkan ketahanan korosi, meningkatkan sifat mampu mesin.
- Besi, Fe
Penambahan sedikit unsur Fe juga berguna untuk mencegah penyumbatan (*jam*) cetakan selama proses casting, namun juga memberikan pengaruh buruk yaitu menurunkan sifat mekanis, menimbulkan cacat lubang, menurunkan ketahanan korosi, menimbulkan terjadinya *hardspot*.
- Tembaga, Cu
Unsur Cu akan menaikkan kekuatan, meningkatkan mampu mesin, meningkatkan mampu cor. Namun, selain itu Cu akan menurunkan ketahanan korosi dan menurunkan ketangguhan.
- Mangan, Mn
Mangan dipakai untuk menaikkan kekuatan pada suhu tinggi, mengurangi efek buruk akibat adanya unsur Fe, dan meningkatkan ketahanan korosi.
- Magnesium, Mg
Unsur Mg ini juga akan meningkatkan kekuatan, meningkatkan mampu potong dan dapat menghaluskan ukuran butir logam. Tapi mempunyai kelemahan yaitu menurunkan ketahanan korosi.
- Seng, Zn
Unsur Zn ditambahkan dengan tujuan memperbaiki sifat produk hasil cor dan juga mampu meningkatkan kekuatan.

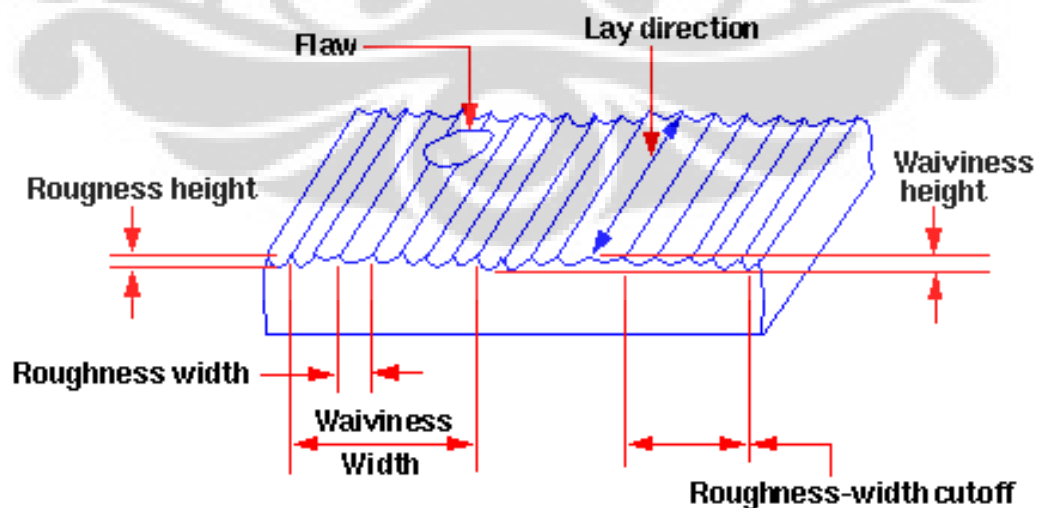
- Titanium, Ti

Seperti kita ketahui bersama, Ti dapat meningkatkan kekuatan pada suhu tinggi serta berfungsi untuk menghaluskan butiran logam. Namun tentunya Ti ini akan menurunkan fluiditas.

2.6 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan akan mempengaruhi kemampuan luas permukaan sentuh suatu cairan terhadap permukaan tersebut (Zhou et al., 1995). Selain itu, kekasaran permukaan juga akan mempengaruhi kuat lemahnya suatu cairan menempel pada permukaan tersebut (Berim dan Ruckenstein, 2005). Pada bagian ini akan dibahas mengenai definisi (metode kalkulasi) dari parameter kekasaran. Kekasaran didefinisikan sebagai ukuran atas ketidakaturan suatu permukaan yang diakibatkan oleh proses pengerjaan dari suatu mesin. Ukuran ketidak teraturan ini dinyatakan dalam satuan micron atau mil (*microinch*). Ditinjau dari sudut pandangnya, kekasaran dapat ditinjau dari dua aspek:

- *Roughness height*, yaitu perbedaan ketinggian permukaan pada satu garis referensi, tinggi antara puncak dan lembah, yang diukur dalam micron.
- *Roughness width*, yaitu jarak parallel antara puncak dengan puncak, yang juga diukur dalam micron.



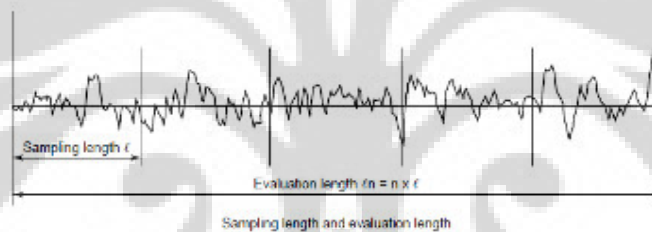
Gambar 2.8 Karakteristik Permukaan

(Sumber ANSI B46.1-1995)

Dalam pengukuran roughness ini, terdapat beberapa standar internasional, yaitu

- JIS B0601-1982
- JIS B0601-1994
- DIN 4777
- JIS B0601-2001,
- ISO 11562 (1996), dan
- ANSI B46.1-1995.

Dari standar di atas, ada beberapa parameter yang dapat menjelaskan *roughness* suatu permukaan.



Gambar 2.9 Penjelasan Mengenai *Sampling Length* dan *Evaluation Length*

Setiap parameter kekarasan diukur pada panjang sample (sampling length) kemudian evaluasi keseluruhan didasarkan pada evaluation length.

Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

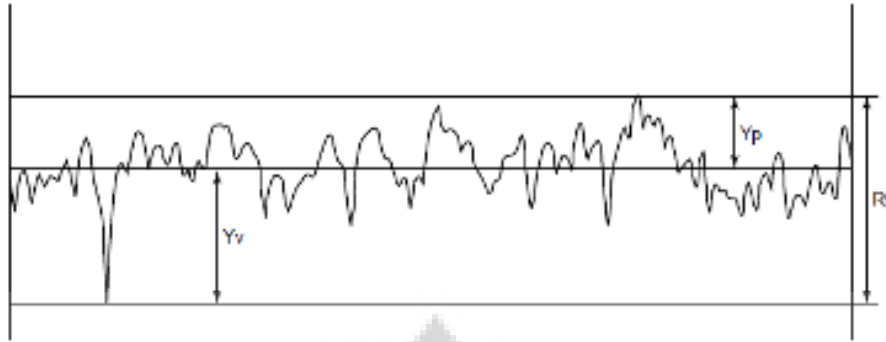
1. R_a , yaitu rata-rata deviasi (nilai absolut) dari profil pada evaluation length yang diukur. Dirumuskan sebagai berikut:

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (2.12)$$

Nilai R_a diperoleh dari range evaluation length.

2. R_y , adalah penjumlahan dari puncak tertinggi dan lembah terendah yang diukur dari garis rata-rata.

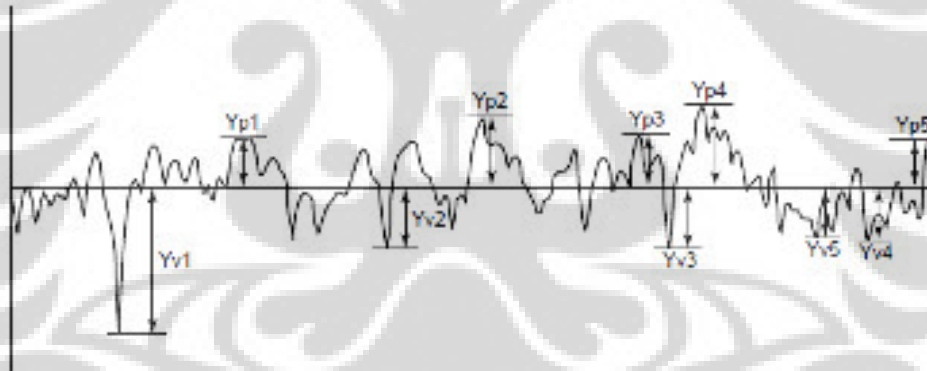
$$R_y \text{ (JIS'82, JIS'94)} = Y_p + Y_v \quad (2.13)$$



Gambar 2.12 Penjelasan Mengenai Ry

3. Rz, adalah sepuluh titik yang paling tidak beraturan. Rz merupakan penjumlahan dari 5 rata-rata puncak tertinggi dan 5 rata-rata lembah terendah yang terletak pada satu garis referensi.

$$Rz \text{ (JIS)} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (2.14)$$



Gambar 2.13 Penjelasan Mengenai Rz

2.7 Hidrogen Peroksida (H₂O₂)

Secara natural biasanya hidrogen peroksida berbentuk cairan yang jernih seperti air. Terdiri dari 2 atom H dan 2 atom O. Dengan komposisi ini, menjadikan H₂O₂ menjadi oksidator yang sangat kuat. H₂O₂ 3% sangat terkenal sebagai desinfektan yang digunakan banyak digunakan di dapur dan kamar mandi. Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika (FDA) hanya mengizinkan penggunaan 35% H₂O₂ untuk kalangan Industri dan Pertanian, dengan kata lain hanya untuk profesional saja. Ini dikarenakan H₂O₂ 35% merupakan oksidator yang sangat kuat.

Di alam pun, H_2O_2 terpakai sebagai sanitizer yang efektif. H_2O_2 di alam kondisinya tercampur di dalam titik-titik air hujan. Sedikit H_2O_2 yang ada di air hujan inilah yang akan berguna untuk membersihkan tanah, membantu tanaman dalam menghambat pertumbuhan jamur dan bakteri yang merugikan.

Di dalam tubuh manusia pun, juga terdapat mekanisme pembentukan H_2O_2 melalui vitamin C. Ketika tubuh seseorang dalam keadaan lemah yaitu ketika sistem imun tidak bekerja maksimal, tubuh tidak dapat memproduksi H_2O_2 yang cukup untuk melawan penyakit sehingga tubuh menderita sakit. Di hampir semua bagian, bakteri yang merugikan biasanya bersifat anaerobic, yang berarti bakteri ini tidak akan hidup di lingkungan yang kaya oksigen. Dengan alasan inilah, air hujan yang mengandung H_2O_2 dapat menjaga lingkungan dari bakteri yang merugikan.

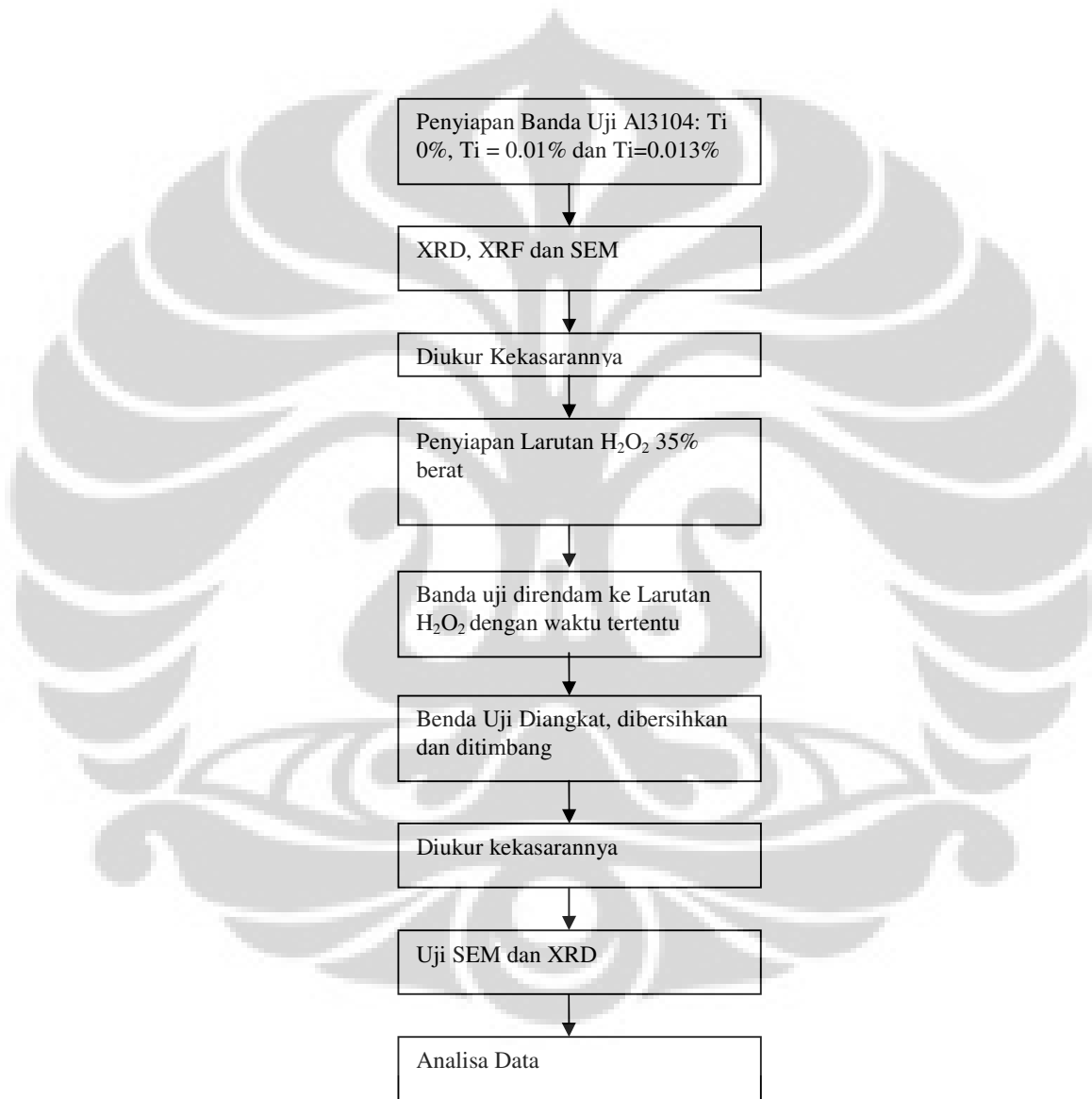
Beberapa kegunaan dari H_2O_2 secara umum adalah sebagai berikut:

- Untuk membersihkan dapur, dengan cara menggunakan H_2O_2 3%,
- Untuk membersihkan sayuran dan buah segar, caranya dengan melarutkan $\frac{1}{4}$ gelas H_2O_2 food grade 3% ke dalam satu ember air. Kemudian sayur dan buah dicuci dengan air tersebut lalu dibilas dengan air bersih,
- Untuk penanganan luka,
- Untuk membersihkan sikat gigi,
- Untuk membersihkan noda darah jika kena pakaian,
- Untuk membersihkan kaca dan cermin. H_2O_2 3% disemprotkan ke kaca atau cermin akan membuat kaca bebas dari jamur. Kemudian di lap dengan kain bersih.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Ilmu Material UI Lantai 3, Jalan Salemba 4 Jakarta dan Laboratorium 3M Indonesia, Jl Diponegoro Km 39 Bekasi. Adapun diagram alir penelitian diuraikan pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Penyiapan Benda Uji

Benda yang diuji berupa lembaran aluminium AL3104 H-19 dengan ketebalan 0,3 mm, berjumlah 3 lembar. Masing-masing diketahui mempunyai unsur tambahan Ti=0%, Ti=0.01% dan Ti=0.013%.

Untuk keperluan XRF dan XRD, benda uji dipotong dengan ukuran kecil (diameter sekitar 20 mm) dengan menggunakan gunting seng, agar masuk ke tempat sample di XRF maupun XRD. XRD dan XRF ini bertujuan untuk memastikan benda uji merupakan sample yang dimaksud untuk percobaan. Sedangkan untuk keperluan SEM awal, benda uji dipotong lebih kecil lagi dengan ukuran sekitar 2x3mm. SEM awal diperlukan untuk membandingkan benda uji sebelum dan sesudah pengujian.

Untuk keperluan uji kekasaran, cukup menggunakan lembaran dengan ukuran A5, kemudian lembaran dibagi menjadi 4 bagian. Tujuan pembagian ini adalah untuk memastikan bahwa pengukuran kekasaran kita bisa mewakili untuk semua permukaan benda uji.

Untuk keperluan uji korosi, benda uji dipotong dengan ukuran 30x40 mm dengan menggunakan gunting seng. Penentuan ukuran ini penting untuk menghindari bias akibat perbedaan ukuran sample. Dengan ukuran sample yang hampir sama, diharapkan bias dapat diminimalkan.

3.2 Penyiapan Media Korosi

Media korosi yang dimaksud disini adalah H₂O₂. Di pasaran hanya tersedia H₂O₂ dengan kandungan 50% berat. Sedangkan menurut informasi yang kami peroleh dari dosen pembimbing, persentase H₂O₂ yang diperlukan dalam pengujian ini adalah 35%, maka larutan H₂O₂ yang tadinya 50% akan ditambahkan air aquades sehingga kandungan H₂O₂ nya menjadi 35%.

Pertama-tama kita timbang larutan H₂O₂ 50% yang tersedia. Ternyata beratnya 1428 gr. Di dalam berat ini, tentu mengandung 714 gr H₂O₂ dan 714 gr H₂O. Agar konsentrasi larutan menjadi 35% maka berat total yang diperlukan adalah $714/0,35 = 2040$ gr. Dengan demikian, penambahan air aquades adalah $2040\text{gr} - 714\text{gr} - 714\text{gr} = 612$ gr. Jadi berat total larutan 2040 gr yang terdiri dari 35% H₂O₂ dan 65% H₂O. Larutan ini kemudian dimasukkan ke dalam 36 wadah yang berbeda dimana masing-masing wadah akan dipakai untuk merendam sampel AL3104-H19 dengan kandungan Ti=0%, Ti=0.01% dan Ti=0.013%.

3.3 Pengujian kekasaran

Dalam pengujian kekarasan ini, nilai sampling length nya adalah 0.8 mm dan $n = 5$, jadi total evaluation length nya adalah 4 mm. Nilai ini sesuai dengan JIS'82 yang banyak dipakai di industri. Sedangkan untuk parameter kekasaranya, dipakai nilai Ra (rata-rata semua nilai absolute puncak dan lembah) dan Rz (nilai rata-rata dari 5 titik puncak tertinggi dan 5 lembah terendah). Setelah mesin kita setup sesuai dengan nilai di atas, pengukuran kekasaran siap dimulai. Alat yang digunakan dalam pengujian kekarasan ini adalah "Surface Roughness Meter Mitutoyo SJ-301.

3.4 Pengujian Korosi

Pada pengujian korosi, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- sebanyak 12 specimen dari masing-masing sample benda uji ditimbang dengan timbangan analitik digital Mettler Toledo AB 204-S/Fact dan dicatat berat masing-masing specimen. Jadi total ada 36 sample.
- Lalu specimen direndam ke larutan korosif yang telah disediakan dalam waktu yang hampir bersamaan.
- Kemudian specimen diambil secara berturut-turut dari larutan dengan jangka waktu 10, 20, 40, 60, 90, 120, 180, 240, 300, dan 360 menit, kemudian juga 10080 menit (1 minggu) dan 20160 menit (2 minggu).
- Pengambilan dilakukan dengan menggunakan pinset.
- Kemudian langsung di-spray dengan Larutan Isopropil Alkohol 75% untuk melarutkan cairan yang tersisa di specimen,
- Selanjutnya specimen dikeringkan dengan menggunakan *heat-gun (hair dryer)* selama kurang lebih 15 detik untuk memastikan tidak ada sisa cairan yang tertinggal.
- Setelah itu specimen ditimbang kembali dan dicatat.

3.5 Pengujian Komposisi Kimia

Komposisi kimia diketahui dengan menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF) merk JEOL JSX-3211. Benda uji dipotong dengan ukuran 20 mm kemudian dimasukkan ke tempat sample.

3.6 Pengujian Mikro

Pengujian struktur micro dilakukan dengan menggunakan peralatan SEM. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Benda uji sebelum dan setelah perendaman dipotong ukuran kecil atau secukupnya.
- Kemudian Benda uji direkatkan ke tempat sample dengan menggunakan double tape.
- Setelah di-coating dengan menggunakan material konduktif, Benda uji dimasukkan ke dalam SEM.
- Kemudian pengamatan dilakukan dengan perbesaran 100, 500 dan 1000 kali.
- Pengambilan gambar foto untuk masing-masing perbesaran yang diinginkan.

2.7 Penghitungan korosi

Analisa laju korosi dilakukan dengan metoda pengurangan berat, dimana selisih antara berat awal dan berat akhir dibandingkan dengan berat awalnya sesuai dengan ASTM G1, atau mengikuti persamaan berikut,

$$\%WL = \frac{W_o - W_t}{W_o} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dimana WL = persentase kehilangan berat
 W_o = berat sebelum pengujian (milligram)
 W_t = berat setelah pengujian (milligram)

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 Analisa Awal

4.1.1 Data dari XRF

Data-data yang diperoleh dari XRF adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil Uji XRF sampel dibandingkan dengan Standar Al3104

Unsur	Persentase Berat Unsur yang Terkandung (%)			
	Standard	Ti 0%	Ti 0.01%	Ti 0.013%
Al	95-98.4	96.6354	97.9159	98.7113
Mg	0.8-1.3	-	-	-
Mn	0.8-1.4	1.1405	1.2751	1.0954
Fe	Max 0.8	0.6893	0.5242	0.4678
Si	Max 0.6	1.2145	0.3536	0.2670
Zn	Max 0.25	-	-	-
Cu	0.05-0.25	0.3205	0.3021	0.2600
Ti	Max 0.1	-	-	-
V	Max 0.05	-	-	-
Ga	Max 0.05	-	-	-
Other	Max 0.15	-	-	-

Dari data XRF di atas terlihat bahwa sample yang diuji telah sesuai dengan referensi standar, hanya saja ada beberapa unsur yang tidak dapat dideteksi oleh mesin XRF karena kandungannya terlalu kecil. Dengan demikian kandungan Ti yang akan dijadikan bahan penelitian dipercayakan dari informasi yang didapat dari supplier.

4.1.2 Kekasaran Sampel sebelum Uji Perendaman H₂O₂

Hasil pengukuran kekasaran sebelum uji korosi dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kekasaran Sampel sebelum direndam H₂O₂

Sampel	Kontur permukaan sampel sebelum perendaman	Ra (μm)	Rz (μm)
Ti 0%		0.351	1.786
Ti 0.01%		0.374	1.956
Ti 0.013%		0.431	2.149

Dari hasil pengukuran kekasaran sebelum uji korosi terlihat bahwa sample dengan kandungan Ti lebih tinggi memiliki kecenderungan lebih kasar, baik jika diukur dengan skala Ra (total rata-rata kekasaran) maupun Rz (kekasaran pada 10 puncak tertinggi dan terendah).

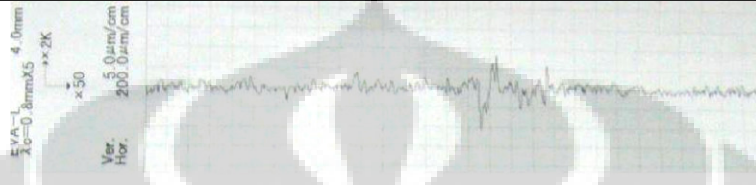


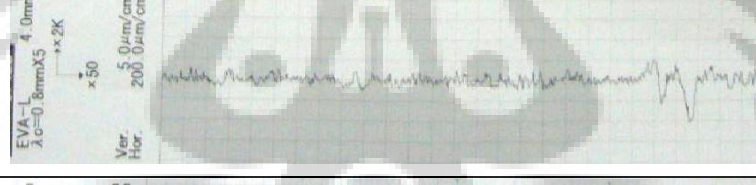
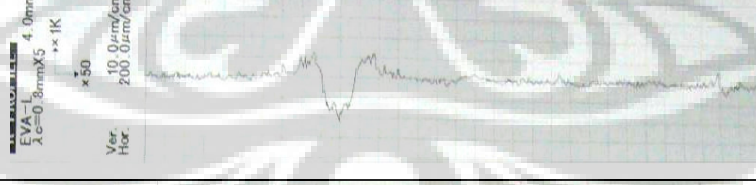
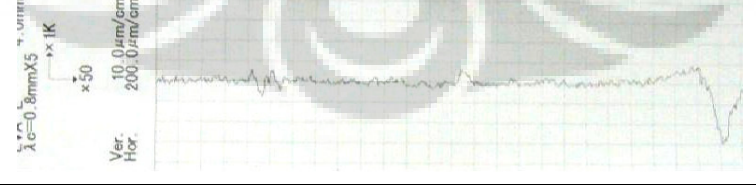

4.2 Analisa Kekasaran Setelah Perendaman

4.2.1 Kekasaran sample Al 3104-Ti 0% Setelah Direndam

Kondisi kekasaran setelah perendaman, baik ditinjau dari Ra maupun Rz, keduanya cenderung menjadi lebih kasar jika semakin lama direndam. Pertama-tama akan muncul lembah lebih dalam (menyerupai pit), kemudian lembah tersebut membesar dan jumlahnya bertambah banyak sehingga kontur permukaan sampel menjadi lebih kasar. Untuk sampel dengan kandungan Ti 0%, kekasaran akan sedikit menurun setelah perendaman 240 menit, ini karena jumlah *pit* nya semakin banyak sehingga permukaan menjadi rata. Namun kondisi ini semakin lama semakin tidak terkendali sehingga permukaan menjadi sangat kasar dan produk korosi pun semakin kompleks. Sehingga pada waktu perendaman yang lama (yaitu 1 minggu), sampel menjadi sangat kasar (Ra = 12.68 dan Rz = 45.17). Sedangkan yang terjadi pada perendaman menit ke 40, kekasaran terlihat sedikit


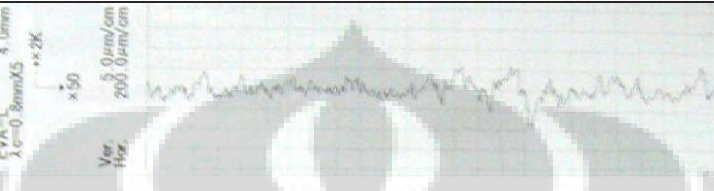

menurun. Hal ini mungkin terjadi karena waktu perendaman masih relatif singkat sehingga kekasaran belum dapat diamati bedanya secara signifikan.

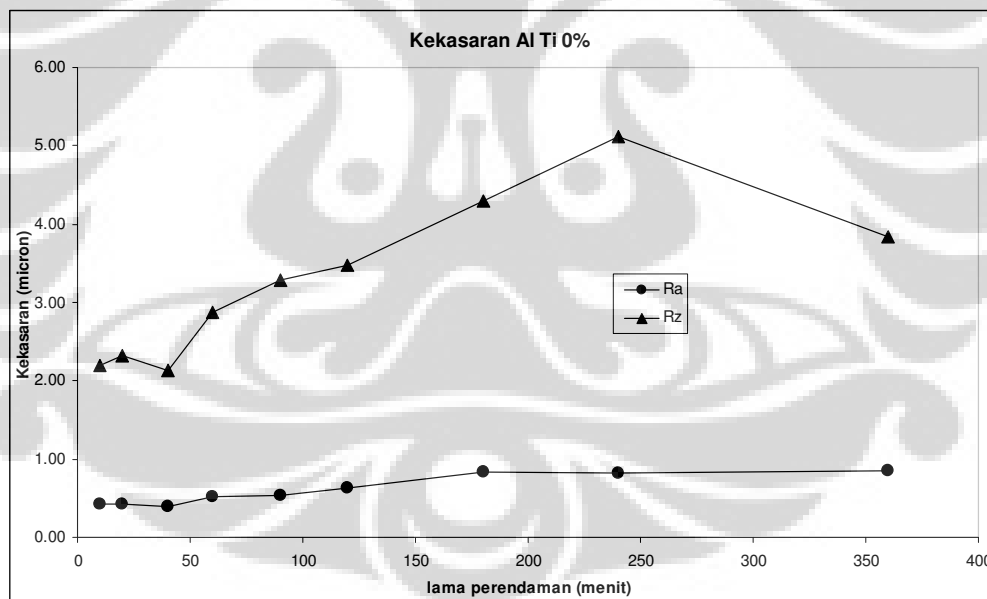
Tabel 4.3 Kekasaran Al 3104 –Ti 0% Setelah Perendaman

Waktu	Kontur permukaan sampel sebelum perendaman	Ra (μm)	Rz (μm)
10 menit		0.42	2.20
20 menit		0.43	2.32
40 menit		0.39	2.13
60 menit		0.51	2.88
90 menit		0.53	3.28
120 menit		0.63	3.47
180 menit		0.84	4.30

a

lanjutan a

240 menit		0.82	5.11
360 menit		0.85	3.84
1 ming- gu		12.68	45.17



Gambar 4.1 Grafik Kekasaran Al3104 Ti 0% Setelah Perendaman

4.2.2 Kekasaran sample Al 3104-Ti 0.01% Setelah Diredam

Untuk sampel dengan kandungan Ti 0.01%, mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan sample dengan kandungan Ti 0%. Namun yang membedakan disini adalah produk korosi nya pada 20 menit pertama perendaman

justru muncul sebagai puncak. Baru setelah itu puncak-puncak lain bermunculan dan semakin besar sehingga kondisi permukaan semakin kasar. Jika dilihat dari nilai Ra dan Rz, puncak-puncak ekstrim muncul pada menit ke 20 sampai 90 menit perendaman. Ini ditandai dengan nilai Rz yang tinggi.

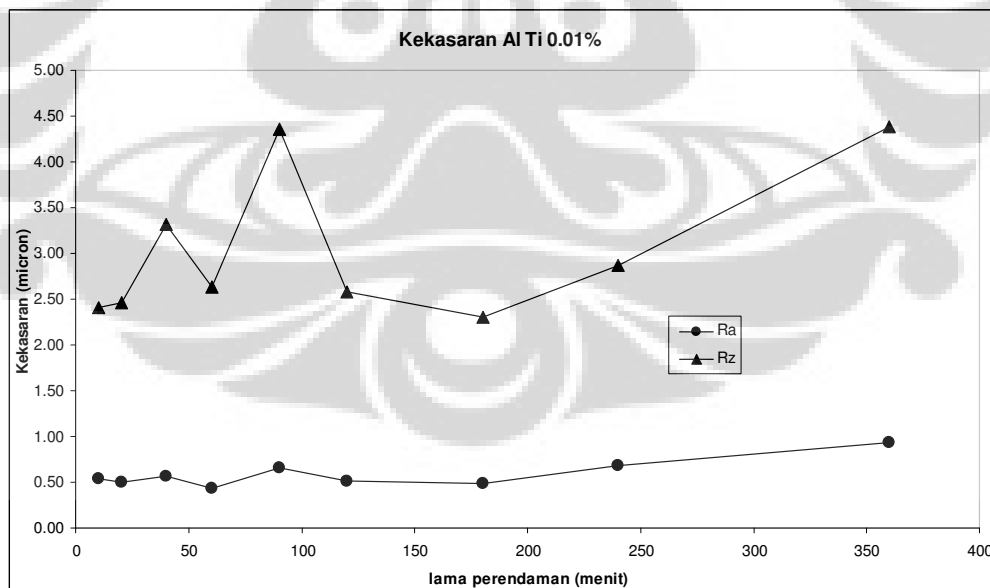
Tabel 4.4 Kekasaran Al 3104 –Ti 0.01% Setelah Perendaman

Waktu	Kontur permukaan sampel sebelum perendaman	Ra (μm)	Rz (μm)
10 menit		0.54	2.41
20 menit		0.50	2.46
40 menit		0.57	3.32
60 menit		0.44	2.64
90 menit		0.66	4.36
120 menit		0.51	2.58

b

lanjutan b

180 menit		0.49	2.30
240 menit		0.68	2.86
360 menit		0.93	4.38
1 ming- gu		10.10	35.71

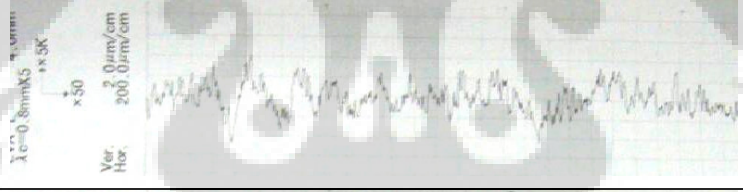
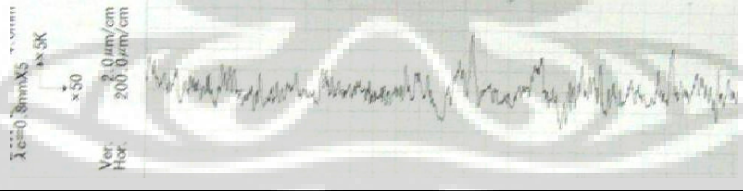
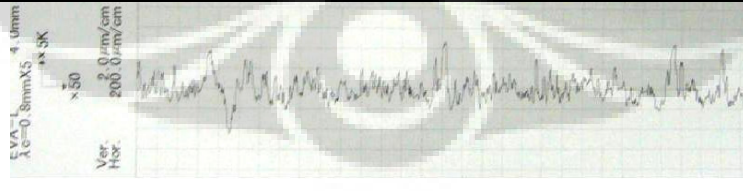



Gambar 4.2 Grafik Kekasaran Al3104 Ti 0.01% Setelah Perendaman

4.2.3 Kekasaran sample Al 3104-Ti 0.013% Setelah Direndam



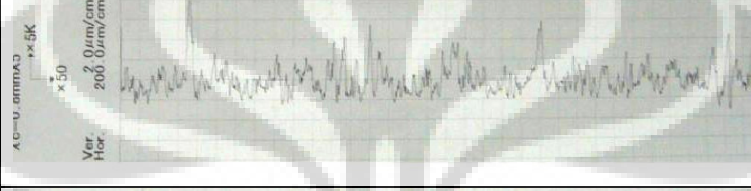



Sedangkan untuk sampel dengan kandungan Ti paling tinggi, yaitu 0.013% nilai kekasarannya meningkat seiring dengan pertambahan waktu perendaman. Ini menandakan adanya semacam korosi merata pada permukaan sampel. Namun demikian, pada waktu perendaman yang lebih lama, yaitu 1 minggu, terlihat beberapa *pit* yang cukup besar. Ini juga menandakan pitting corrosion juga terjadi. Perlu diketahui bahwa jika dibandingkan dengan sampel dengan kandungan Ti 0% dan Ti 0.01%, sampel dengan Ti 0.013% memiliki tingkat kekasaran paling tinggi untuk jangka waktu perendaman yang lama. Bahkan untuk Rz nya mencapai lebih dari 0.1mm. Pada kondisi ini, akan terlihat dengan jelas bentuk permukaan yang bergelombang dengan jarak puncak dan lembah yang cukup signifikan.

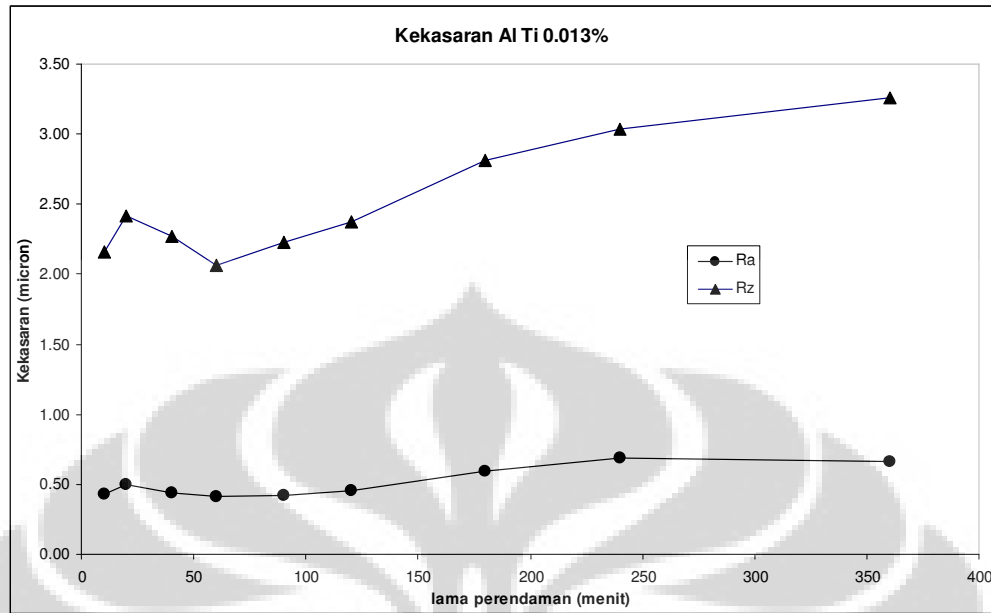
Tabel 4.5 Kekasaran Al 3104 –Ti 0.013% Setelah Perendaman

Waktu	Kontur permukaan sampel sebelum perendaman	Ra (μm)	Rz (μm)
10 menit		0.43	2.16
20 menit		0.50	2.42
40 menit		0.44	2.27
60 menit		0.41	2.06

c

lanjutan c

90 menit		0.42	2.22
120 menit		0.46	2.37
180 menit		0.60	2.81
240 menit		0.69	3.03
360 menit		0.66	3.26
1 minggu		29.7	115.9

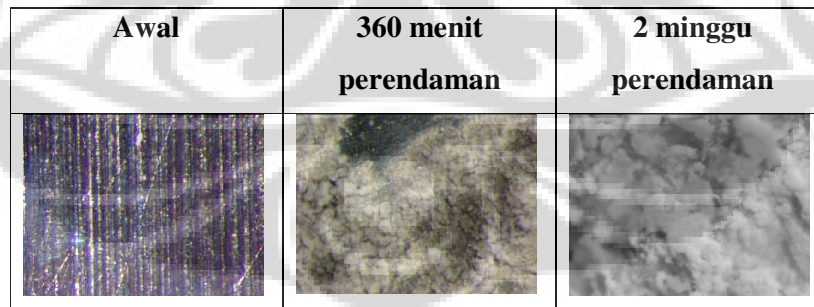


Gambar 4.3 Grafik Kekasaran Al3104 Ti 0.013% Setelah Perendaman

4.3 Analisa Bentuk Korosi dan Senyawa Hasil Korosi

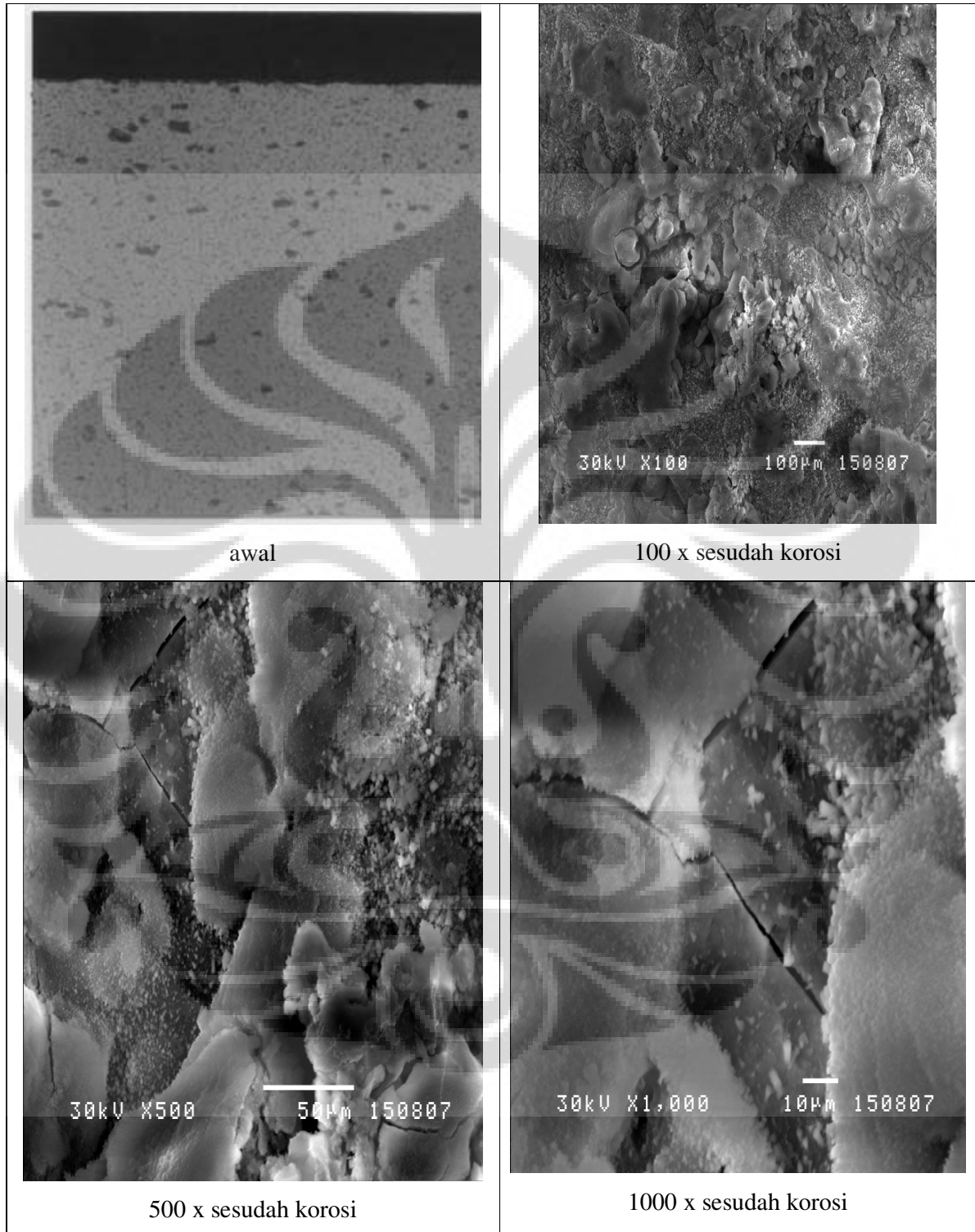
4.3.1 Bentuk Korosi pada Al 3104 dengan Kadar Ti 0%

Pada pengujian dengan menggunakan mikroskop (perbesaran 12 kali), diperoleh gambar seperti terlihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Sampel Al 3104-Ti 0% Diamati Menggunakan Mikroskop

Sedangkan gambar yang diperoleh dari SEM adalah sebagai berikut.



Gambar 4.5 Sampel Al₃104-Ti 0% Diamati Menggunakan SEM.

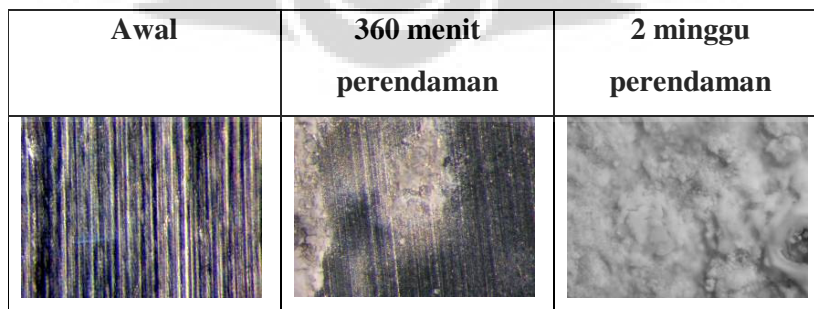
Korosi yang terjadi pada sample lembaran alumunium, bisa diamati dengan melalui data yang diambil dari Mikroskop, SEM dan data kontur permukaan dari uji kekasaran. Dari gambar yang diperoleh dari mikroskop, dengan perebesaran 12 kali, dapat dilihat bahwa pada perendaman 6 jam, terlihat korosi hampir menutupi seluruh permukaan pelat. Bentuknya pun dapat dikatakan seragam, maka jenis korosinya adalah korosi merata (*uniform corrosion*). Namun awal dari proses korosi yang terjadi tidak serentak di seluruh permukaan, melainkan dimulai di beberapa titik, dimana pada akhirnya tersebar dengan merata. Dari data kontur permukaan juga menunjang opini ini, dimana pada perendaman 20 menit pun sudah nampak penambahan kekasaran permukaan, kemudian muncul *pit* pada waktu perendaman 40 menit. *Pit* ini semakin lama semakin banyak dan akhirnya pada perendaman 360 menit kondisi korosi sudah menutupi hampir 90% permukaan pelat.

Kondisi ini terus berlanjut dan korosi berlangsung semakin dalam sampai pada akhirnya pelat menjadi lebih tipis. Hal ini dapat dilihat dari data pengurangan berat pada kondisi perendaman 1 minggu yang mencapai 44.7% dan akhirnya sampai 66.8% pada perendaman 2 minggu.

Dari hasil XRD sample sebelum perendaman, diketahui bahwa sampel terdiri atas Alumunium (Kunardianto, 2007). Sedangkan unsur-unsur lainnya tidak diketahui dengan pasti mengingat XRD mempunyai keterbatasan mendeteksi senyawa yang kurang dari 4 %.

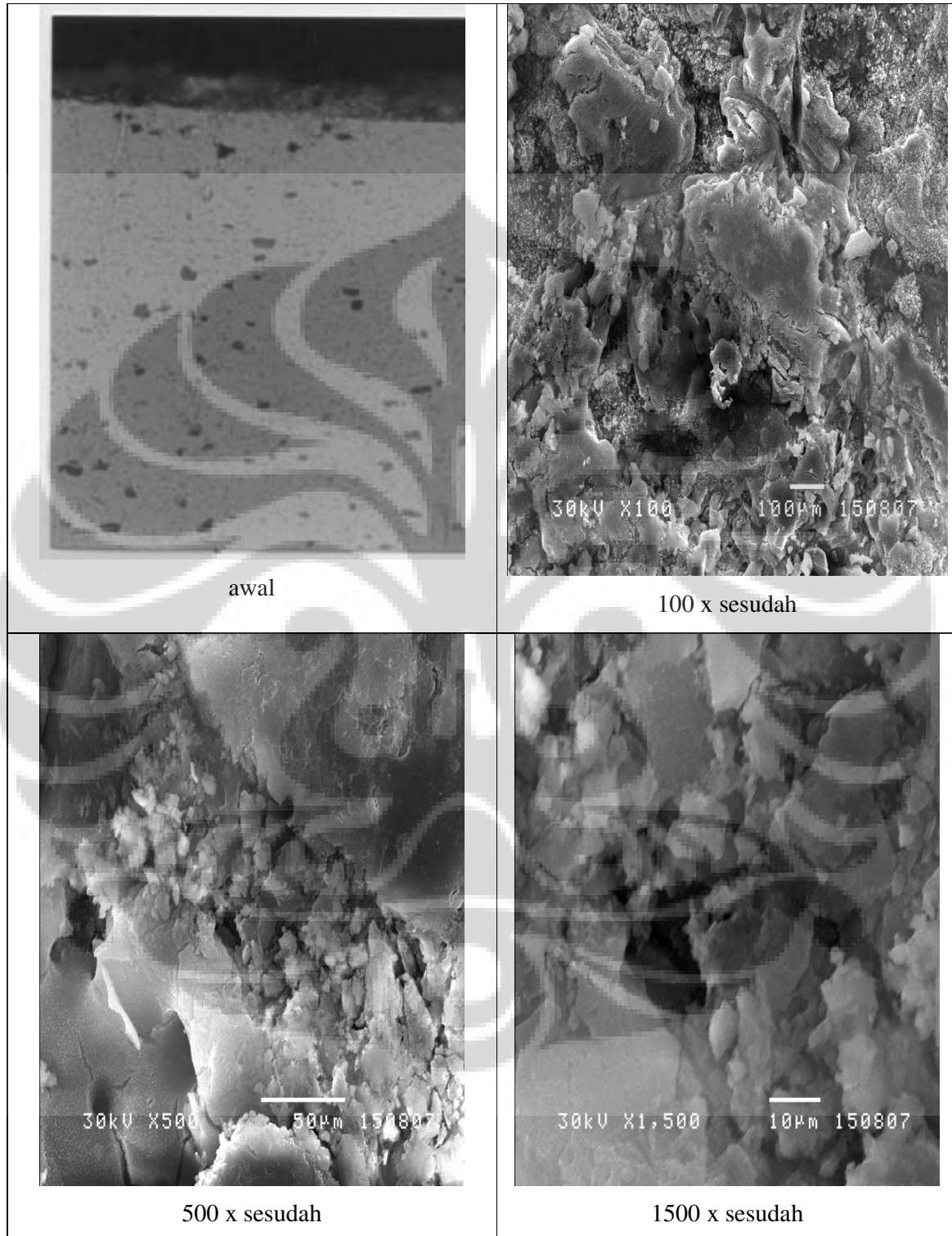
4.3.2 Bentuk Korosi pada Al 3104 dengan Kadar Ti 0.01%

Pada pengujian dengan menggunakan mikroskop (perbesaran 12 kali), diperoleh gambar seperti terlihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4.6 Sampel Al3104-Ti 0.01% Diamati Menggunakan Mikroskop.

Sedangkan melalui pengamatan SEM, diperoleh gambar seperti di bawah ini.



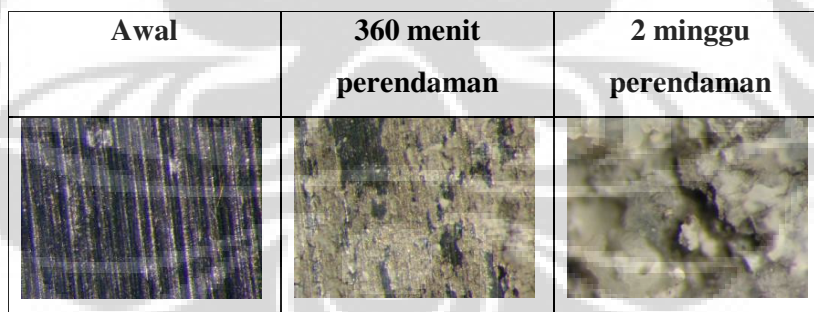
Gambar 4.7 Sampel Al₃104-Ti 0.01% Diamati Menggunakan SEM

Pada pelat alumunium Al 3104 dengan Ti 0.01%, semula terjadi korosi tidak merata pada permukaannya. Pada perendaman selama 6 jam, di mikroskop nampak korosi menutupi sekitar 60% permukaannya. Dan ini merupakan indikator awal bahwa kondisi korosi di pelat alumunium Al 3104 dengan Ti 0.01% lebih baik daripada yang tidak mengandung Ti. Jika diamati dengan mata telanjang, awalnya korosi ini berbentuk seperti titik-titik noda berwarna kehitaman. Titik-titik ini lama kelamaan menyebar dan bertambah besar sehingga menutupi seluruh permukaan pelat. Dengan konsisi seperti ini, maka korosi yang terjadi disebut dengan korosi merata, dimana dalam waktu singkat korosi terjadi di seluruh permukaan pelat.

Jika dilihat dalam gambar yang dihasilkan oleh SEM, pada perbesaran 100 kali terlihat produk korosi yang berbentuk seperti bongkahan-bongkahan yang akhirnya lepas (larut ke larutan H_2O_2). Ini menandakan bahwa produk hasil korosi memungkinkan untuk terjadinya korosi lebih lanjut. Sehingga semakin lama korosi akan semakin dalam dan pelat pada akhirnya akan hancur.

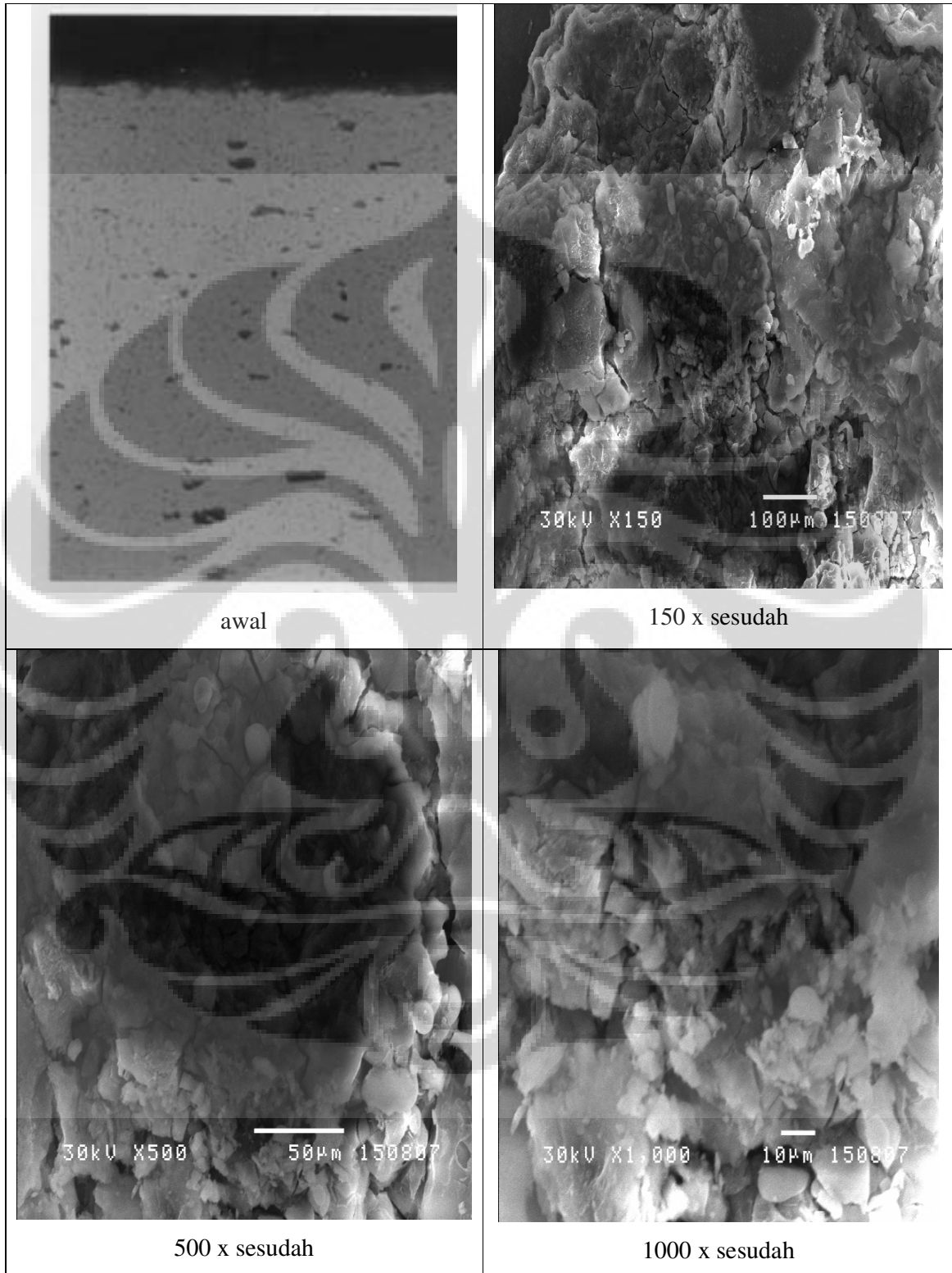
4.3.3 Bentuk Korosi pada Al 3104 dengan Kadar Ti 0.01%

Pada pengujian dengan menggunakan mikroskop (perbesaran 12 kali), diperoleh gambar seperti terlihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4.8 Sampel Al3104-Ti 0.013% Diamati Menggunakan Mikroskop

Sedangkan dari hasil pengamatan SEM diperoleh gambar sebagai berikut.



Gambar 4.9 Sampel Al₃104-Ti 0.013% Diamati Menggunakan SEM

Kondisi korosi pada pelat dengan kandungan Ti 0.013% lebih parah jika dibandingkan dengan pelat dengan kandungan Ti 0.01%. Dengan mikroskop biasa (perbesaran 12x) setelah pelat direndam selama 6 jam, sudah terlihat korosi seluas sekitar 90% pada permukaan pelat dengan Ti 0.013%. Namun bentuknya hampir mirip dengan bentuk korosi pada pelat Al Ti 0.01%. Pada kondisi perendaman 2 minggu, korosi juga telah terjadi di seluruh permukaan pelat tapi bentuk produk korosinya terlihat lebih kasar di pelat dengan Ti 0.013%.

Pada pengujian SEM dengan perbesaran 1000x, terlihat juga bahwa terdapat bongkahan-bongkahan juga namun kondisinya lebih ekstrim. Bongkahan-bongkahan produk hasil korosi ini terlihat lebih mudah terlepas dan larut ke larutan H_2O_2 .

4.4 Penghitungan Laju Korosi

4.4.1 Laju Korosi pada Al 3104 dengan Ti 0%.

Penghitungan laju korosi ini didasarkan pada prosentase pengurangan berat yang terjadi pada pelat selama perendaman dalam larutan H_2O_2 . Hasil pengukuran beratnya dapat dilihat pada tabel 4.6, dimana prosentase pengurangan berat berdasar pada persamaan 3.1.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0%

Waktu (menit)	Berat Al 3104 Ti=0 % (gram)			
	Wo	Wt	WL	% WL
10	0.8738	0.8730	0.0008	0.0916
20	0.8803	0.8798	0.0005	0.0568
40	0.8832	0.8822	0.0010	0.1132
60	0.8930	0.8919	0.0011	0.1232
90	0.8563	0.8548	0.0015	0.1752
120	0.8680	0.8663	0.0017	0.1959
180	0.8806	0.8786	0.0020	0.2271
240	0.8844	0.8825	0.0019	0.2148
300	0.8999	0.8970	0.0029	0.3223
360	0.8745	0.8714	0.0031	0.3545
10080	0.8791	0.4858	0.3933	44.7389
20160	0.8750	0.2900	0.5850	66.8571

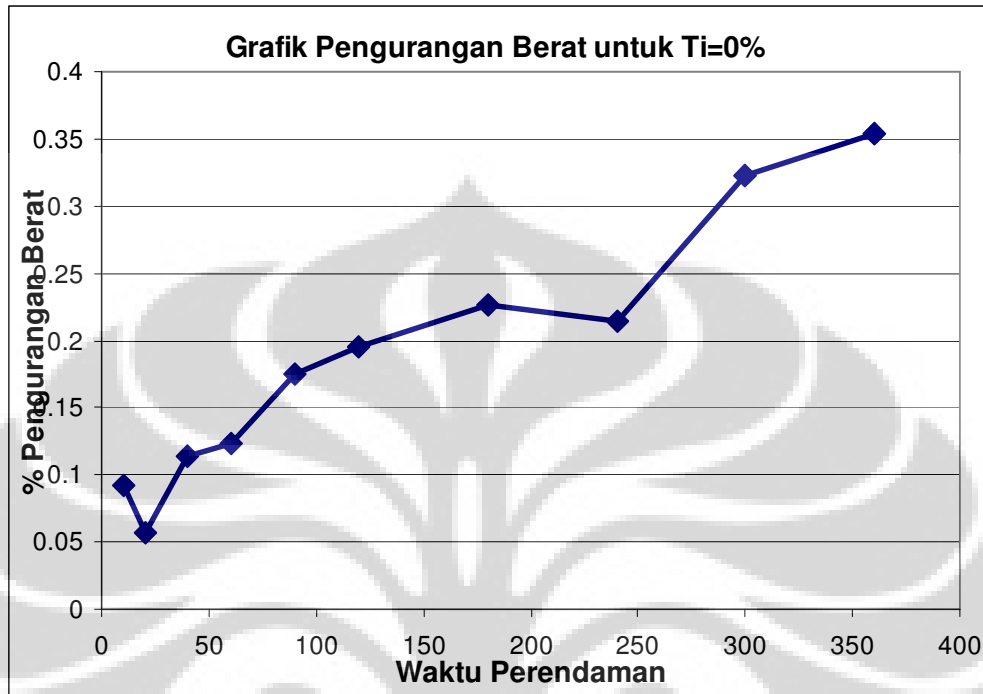
Berhubung data yang dihasilkan terdapat ketimpangan antara data perendaman 6 jam dan 1 minggu dan 2 minggu, maka analisa dipisahkan menjadi: perendaman 6 jam pertama dan perendaman 6 Jam sampai 2 minggu.

Dalam perendaman 6 jam pertama diperoleh data seperti yang tercantum pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0%
pada 6 Jam Pertama Perendaman.

Waktu (menit)	Berat Al 3104 Ti=0% (gram)			
	Wo	Wt	WL	% WL
10	0.8738	0.8730	0.0008	0.0916
20	0.8803	0.8798	0.0005	0.0568
40	0.8832	0.8822	0.0010	0.1132
60	0.8930	0.8919	0.0011	0.1232
90	0.8563	0.8548	0.0015	0.1752
120	0.8680	0.8663	0.0017	0.1959
180	0.8806	0.8786	0.0020	0.2271
240	0.8844	0.8825	0.0019	0.2148
300	0.8999	0.8970	0.0029	0.3223
360	0.8745	0.8714	0.0031	0.3545

Dari tabel di atas, jika digambarkan dalam bentuk scatter diagram, akan terlihat seperti gambar 4.10



Gambar 4. 10 Grafik Prosentase Pengurangan Berat pada Pelat dengan Kandungan Ti 0%.

Bila dilihat dari grafik, maka kecenderungannya merupakan garis linier, sehingga untuk melihat kemiringan garisnya, dihitung dengan menggunakan rumus Regresi Linier.

Persamaan garis linier

$$Y = m X + b \quad (4.1)$$

Dimana Y dan X adalah pasangan data yang diketahui

m adalah gradient garis

b adalah konstanta

Sedangkan regresi linier dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$m = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2} \quad (4.2)$$

dan

$$b = \bar{y} - m\bar{x} \quad (4.3)$$

Penghitungan nilai m dan b dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel, dan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$m = 0.00076232$$

$$b = 0.079198724$$

Sehingga untuk pelat alumuniun dengan Ti = 0% persamaannya garis regresi nya adalah

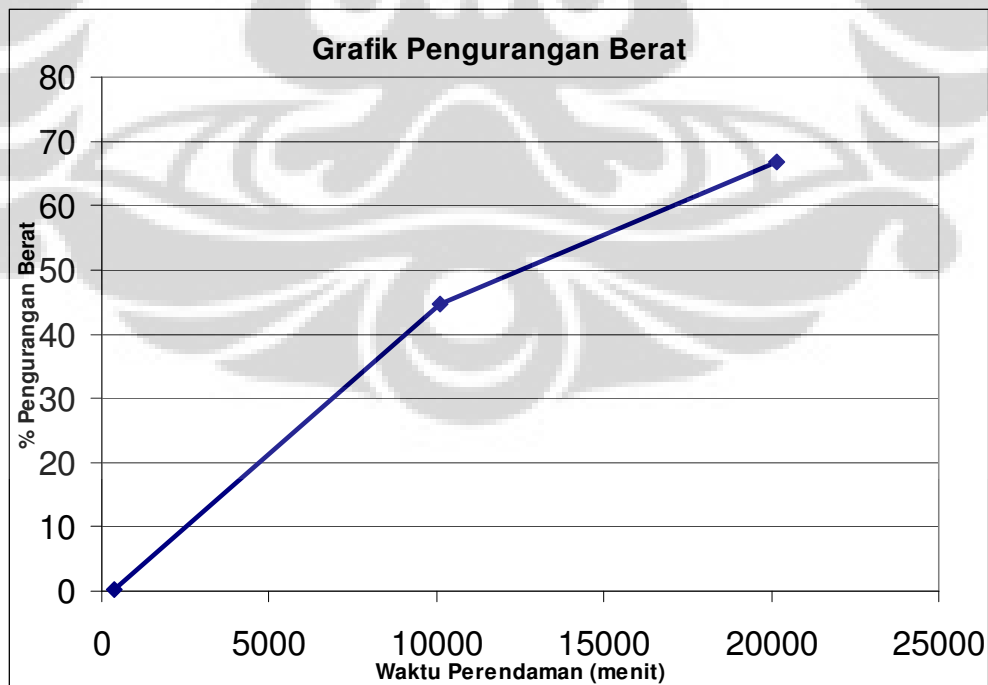
$$y = 0.00076232 x + 0.079198724 \quad (4.4)$$

Dengan demikian, laju korosi untuk pelat Al3104-Ti 0% adalah 0.00076232% per menit. Ini berlaku untuk perendaman 6 jam pertama.

Sedangkan untuk perendaman diatas 6 jam, diperoleh data seperti terlihat pada tabel 4.8 dan grafiknya pada gambar 4.11.

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0%
pada Perendaman 6 jam keatas.

Waktu (menit)	Berat Al 3104 Ti=0 % (gram)			
	Wo	Wt	WL	%WL
360	0.8745	0.8714	0.0031	0.3545
10080	0.8791	0.4858	0.3933	44.7389
20160	0.8750	0.2900	0.5850	66.8571



Gambar 4.11 Grafik Pengurangan Berat pada Al Ti 0%

Sedangkan menurut penghitungan berdasarkan ASTM G1, maka penghitungan laju korosi didasarkan atas rumus sebagai berikut:

$$\text{Laju} = (K \times W)/(A \times T \times D) \quad (4.5)$$

Tabel 4.9 Perhitungan Laju Korosi Menurut ASTM G1 pada Pelat Al3104 dengan Kandungan Ti 0%

Simbol	Waktu Perendaman		Keterangan
	6 jam	2 minggu	
K	3450000	3450000	konstanta untuk satuan mpy
T	6	336	waktu perendaman (jam)
A	24	24	luas permukaan benda uji (cm ²)
W	0.0031	0.585	massa hilang (gr)
D	2.72	2.72	massa jenis (gr/cm ³)
Laju	27.31	92.01	mpy (mil per year)

Dari perhitungan di atas, diperoleh hasil bahwa laju korosi pada Al3104 dengan kandungan Ti=0%, untuk waktu perendaman 6 jam adalah 27.31 mpy sedangkan untuk waktu perendaman selama 2 minggu adalah 92.01 mpy.

4.4.2 Laju Korosi pada Al 3104 dengan Ti 0.01%.

Penghitungan laju korosi ini didasarkan pada prosentase pengurangan berat yang terjadi pada pelat selama perendaman dalam larutan H₂O₂. Hasil pengukuran beratnya dapat dilihat pada tabel 4.10, dimana prosentase pengurangan berat berdasar pada persamaan 3.1.

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.01%

Waktu (menit)	Berat Al 3104-Ti=0.01% (gram)			
	Wo	Wt	WL	% WL
10	0.8922	0.8919	0.0003	0.0336
20	0.8617	0.8615	0.0002	0.0232
40	0.8957	0.8952	0.0005	0.0558
60	0.8913	0.8910	0.0003	0.0337
90	0.9057	0.9052	0.0005	0.0552
120	0.8937	0.8931	0.0006	0.0671
180	0.8843	0.8830	0.0013	0.1470
240	0.9118	0.9097	0.0021	0.2303
300	0.8980	0.8960	0.0020	0.2227
360	0.8864	0.8840	0.0024	0.2708
10080	0.9072	0.5689	0.3383	37.2906
20160	0.8558	0.5769	0.2789	32.5894

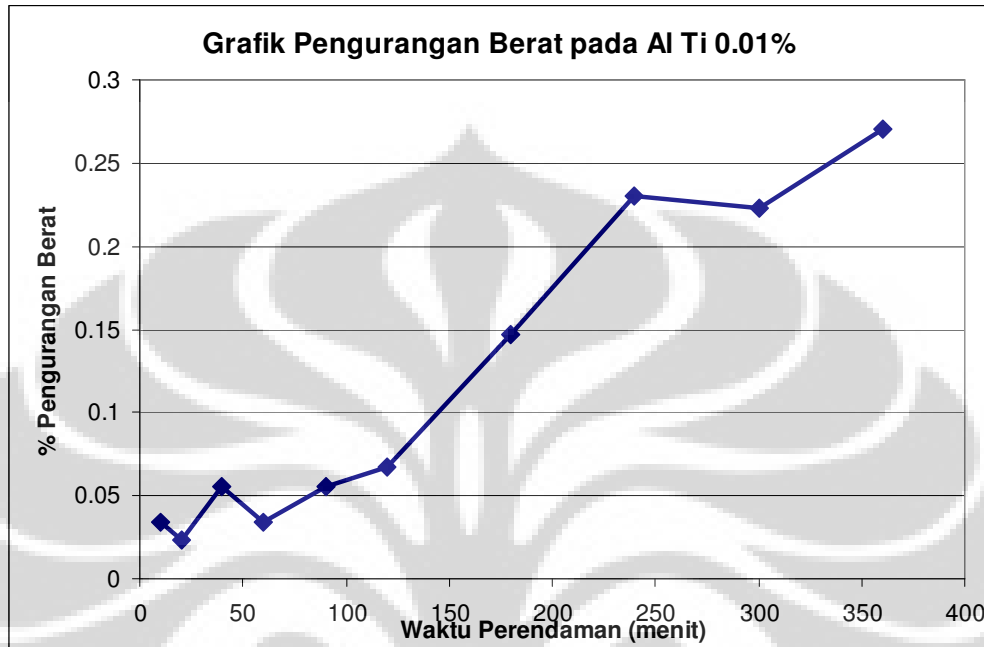
Berhubung data yang dihasilkan terdapat ketimpangan antara data perendaman 6 jam dan 1 minggu dan 2 minggu, maka analisa dipisahkan menjadi: perendaman 6 jam pertama dan perendaman 6 Jam sampai 2 minggu.

Dalam perendaman 6 jam pertama diperoleh data seperti yang tercantum pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.01% pada 6 Jam Pertama Perendaman.

Waktu (menit)	Berat Al 3104-Ti=0.01% (gram)			
	Wo	Wt	WL	% WL
10	0.8922	0.8919	0.0003	0.0336
20	0.8617	0.8615	0.0002	0.0232
40	0.8957	0.8952	0.0005	0.0558
60	0.8913	0.8910	0.0003	0.0337
90	0.9057	0.9052	0.0005	0.0552
120	0.8937	0.8931	0.0006	0.0671
180	0.8843	0.8830	0.0013	0.1470
240	0.9118	0.9097	0.0021	0.2303
300	0.8980	0.8960	0.0020	0.2227
360	0.8864	0.8840	0.0024	0.2708

Dari tabel di atas, jika digambarkan dalam bentuk scatter diagram, akan terlihat seperti gambar 4.12



Gambar 4. 12 Grafik Prosentase Pengurangan Berat pada Pelat dengan Kandungan Ti 0.01%.

Bila dilihat dari grafik, maka kecenderungannya juga merupakan garis linier, sehingga untuk melihat kemiringan garisnya, dihitung dengan menggunakan rumus Regresi Linier.

Penghitungan nilai m dan b dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel, dan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$m = 0.000751322$$

$$b = 0.007257903$$

Sehingga untuk pelat alumunium dengan Ti = 0.01% persamaannya garis regresinya adalah

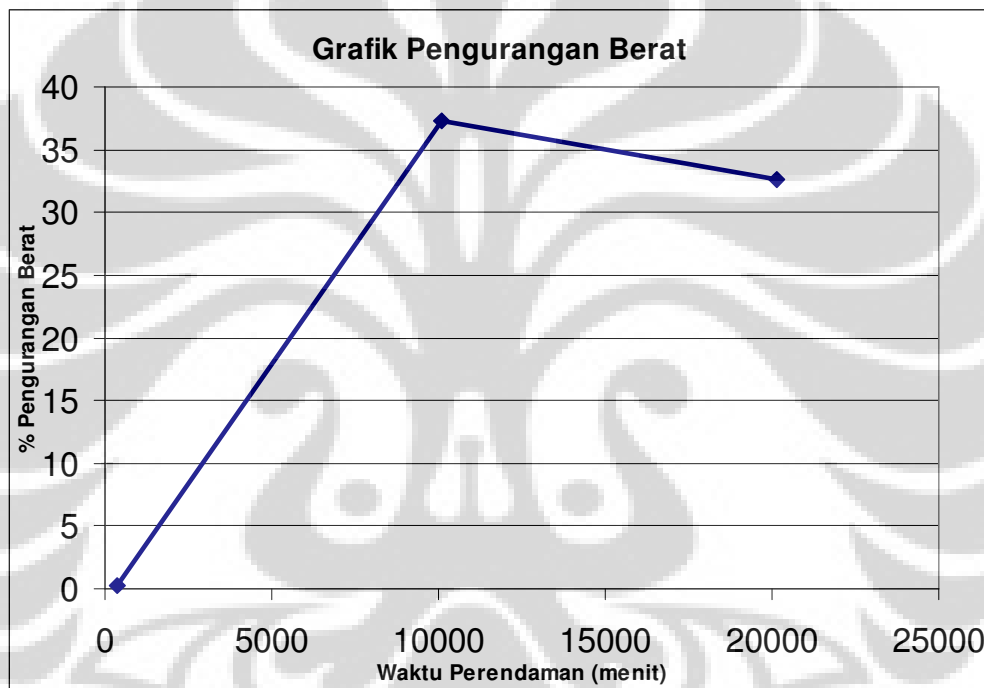
$$y = 0.000751322 x + 0.007257903 \quad (4.6)$$

Dengan demikian, laju korosi untuk pelat Al3104-Ti 0.01 % adalah 0.000751322% per menit. Ini berlaku untuk perendaman 6 jam pertama.

Sedangkan untuk perendaman diatas 6 jam, diperoleh data seperti terlihat pada tabel 4.12 dan grafiknya pada gambar 4.13.

Tabel 4.12 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.01%
pada Perendaman 6 jam keatas.

Waktu (menit)	Berat Al 3104-Ti=0.01% (gram)			
	Wo	Wt	WL	%WL
360	0.8864	0.8840	0.0024	0.2708
10080	0.9072	0.5689	0.3383	37.2906
20160	0.8558	0.5769	0.2789	32.5894



Gambar 4.13 Grafik Pengurangan Berat pada Al Ti 0.01%

Sedangkan menurut penghitungan berdasarkan ASTM G1, maka penghitungan laju korosi didasarkan pada rumus seperti tertuang dalam persamaan 4.5.

Tabel 4.13 Perhitungan Laju Korosi Menurut ASTM G1 pada Pelat Al 3104 dengan Kandungan Ti 0.01%

Simbol	Waktu Perendaman		Keterangan
	6 jam	2 minggu	
K	3450000	3450000	konstanta untuk satuan mpy
T	6	336	waktu perendaman (jam)
A	24	24	luas permukaan benda uji (cm ²)
W	0.0024	0.2789	massa hilang (gr)
D	2.72	2.72	massa jenis (gr/cm ³)
Laju	21.14	43.87	mpy (mil per year)

Dari perhitungan di atas, diperoleh hasil bahwa laju korosi pada Al 3104 dengan kandungan Ti=0.01%, untuk waktu perendaman 6 jam adalah 21.14 mpy sedangkan untuk waktu perendaman selama 2 minggu adalah 43.87 mpy.

4.4.3 Laju Korosi pada Al 3104 dengan Ti 0.013%.

Penghitungan laju korosi ini didasarkan pada prosentase pengurangan berat yang terjadi pada pelat selama perendaman dalam larutan H₂O₂. Hasil pengukuran beratnya dapat dilihat pada tabel 4.14, dimana prosentase pengurangan berat berdasar pada persamaan 3.1.

Tabel 4.14 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.013%

Waktu (menit)	Berat Al 3104-Ti=0.013% (gram)			
	W ₀	W _t	WL	% WL
10	0.8903	0.8902	0.0001	0.0112
20	0.8881	0.8879	0.0002	0.0225
40	0.8913	0.8908	0.0005	0.0561
60	0.8870	0.8863	0.0007	0.0789
90	0.8919	0.8910	0.0009	0.1009
120	0.9052	0.9044	0.0008	0.0884
180	0.8841	0.8830	0.0011	0.1244
240	0.8933	0.8915	0.0018	0.2015
300	0.8602	0.8583	0.0019	0.2209
360	0.8852	0.8825	0.0027	0.3050
10080	0.8681	0.4903	0.3778	43.5203
20160	0.8707	0.5070	0.3637	41.7710

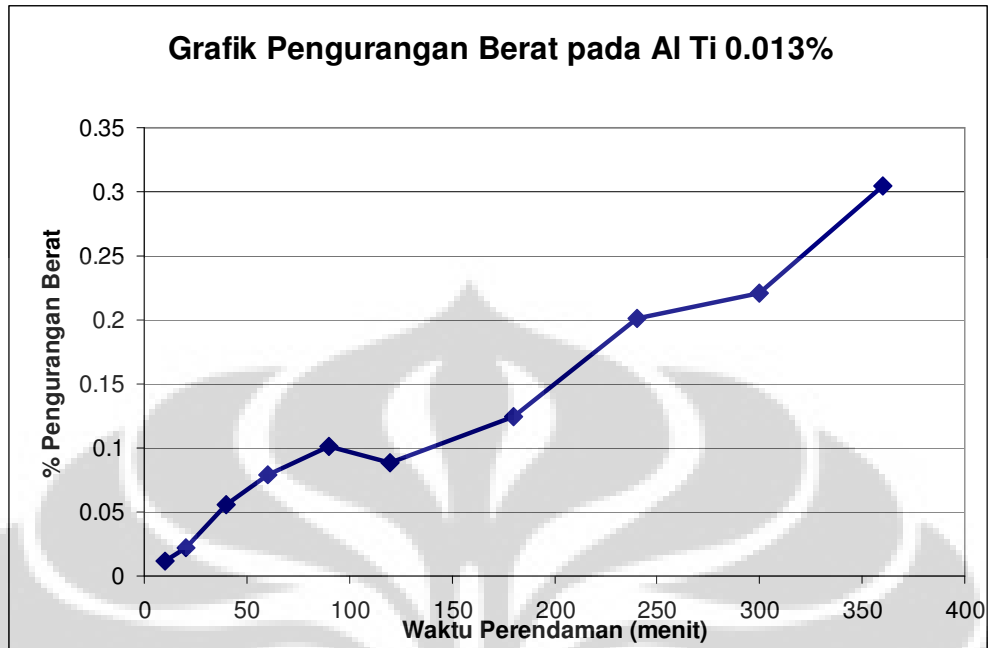
Berhubung data yang dihasilkan terdapat ketimpangan antara data perendaman 6 jam dan 1 minggu dan 2 minggu, maka analisa dipisahkan menjadi: perendaman 6 jam pertama dan perendaman 6 Jam sampai 2 minggu.

Dalam perendaman 6 jam pertama diperoleh data seperti yang tercantum pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.013%
pada 6 Jam Pertama Perendaman.

Waktu (menit)	Berat Al 3104-Ti=0.013% (gram)			
	Wo	Wt	WL	% WL
10	0.8903	0.8902	0.0001	0.0112
20	0.8881	0.8879	0.0002	0.0225
40	0.8913	0.8908	0.0005	0.0561
60	0.8870	0.8863	0.0007	0.0789
90	0.8919	0.8910	0.0009	0.1009
120	0.9052	0.9044	0.0008	0.0884
180	0.8841	0.8830	0.0011	0.1244
240	0.8933	0.8915	0.0018	0.2015
300	0.8602	0.8583	0.0019	0.2209
360	0.8852	0.8825	0.0027	0.3050

Dari tabel di atas, jika digambarkan dalam bentuk scatter diagram, akan terlihat seperti gambar 4.14



Gambar 4. 14 Grafik Prosentase Pengurangan Berat pada Pelat dengan Kandungan Ti 0.013%.

Seperti yang terjadi pada Al 3104 Ti 0.01%, bila dilihat dari grafik maka kecenderungannya merupakan garis linier, sehingga untuk melihat kemiringan garisnya, dihitung dengan menggunakan rumus Regresi Linier.

Penghitungan nilai m dan b dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel, dan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$m = 0.000750973$$

$$b = 0.014348814$$

Sehingga untuk pelat alumuniun dengan Ti = 0.013% persamaannya garis regresinya adalah

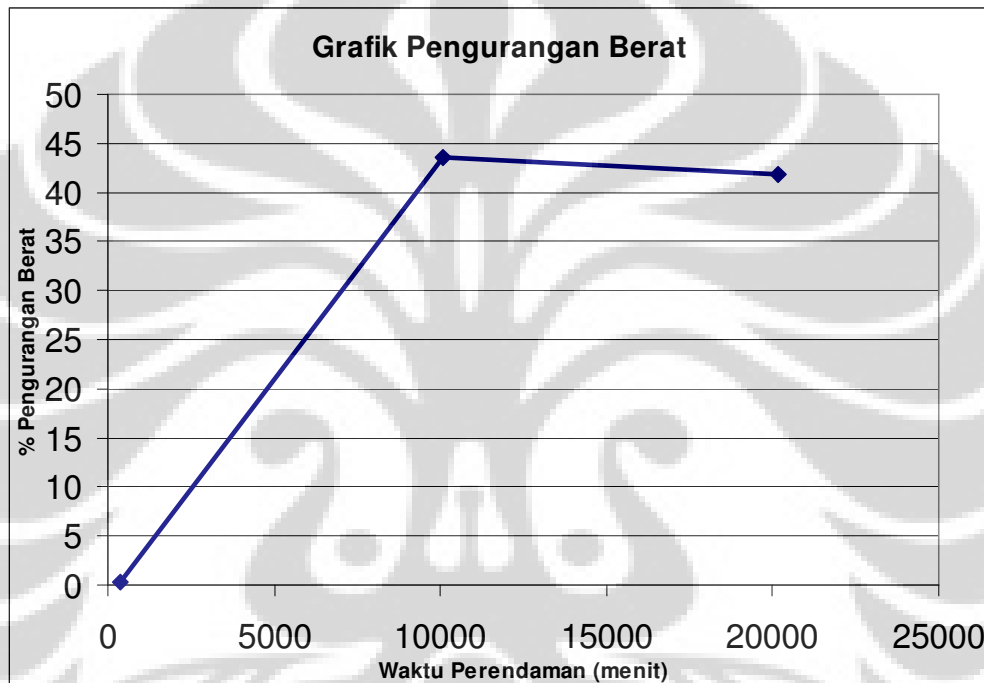
$$y = 0.000750973 y + 0.014348814 \quad (4.7)$$

Dengan demikian, laju korosi untuk pelat Al3104-Ti 0.013 % adalah 0.000750973% per menit. Ini berlaku untuk perendaman 6 jam pertama.

Sedangkan untuk perendaman diatas 6 jam, diperoleh data seperti terlihat pada tabel 4.16 dan grafiknya pada gambar 4.15.

Tabel 4.16 Hasil Pengukuran Berat Pelat Al 3104 Ti 0.013%
pada Perendaman 6 jam keatas.

Waktu (menit)	Berat Al 3104-Ti=0.013% (gram)			
	Wo	Wt	WL	%WL
360	0.8852	0.8825	0.0027	0.3050
10080	0.8681	0.4903	0.3778	43.5203
20160	0.8707	0.5070	0.3637	41.7710



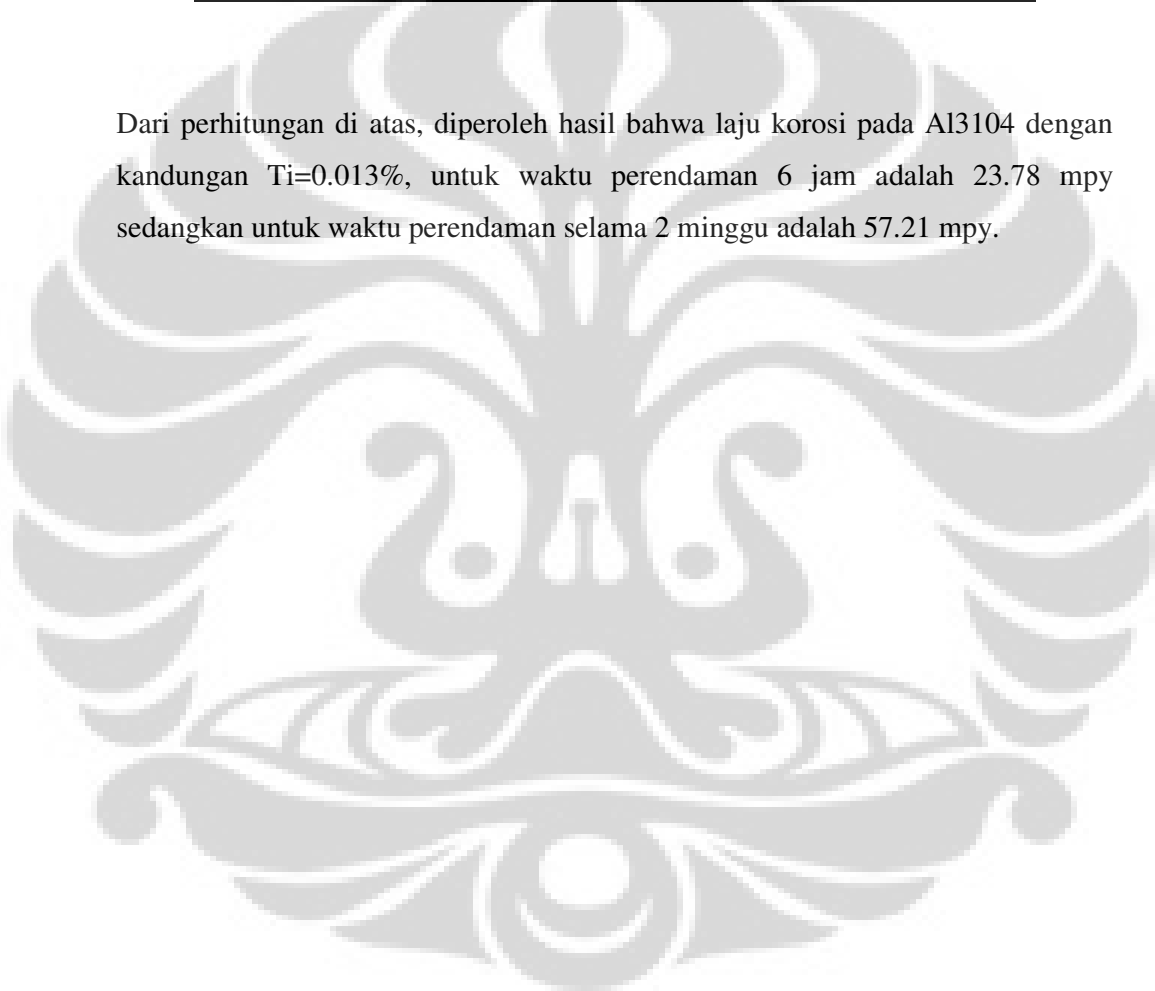
Gambar 4.15 Grafik Pengurangan Berat pada Al Ti 0.013%

Sedangkan menurut penghitungan berdasarkan ASTM G1, maka penghitungan laju korosi didasarkan pada rumus 4.5.

Tabel 4.17 Perhitungan Laju Korosi Menurut ASTM G1 pada Pelat Al3104 dengan kandungan Ti 0.013%

Simbol	Waktu Perendaman		Keterangan
	6 jam	2 minggu	
K	3450000	3450000	konstanta untuk satuan mpy
T	6	336	waktu perendaman (jam)
A	24	24	luas permukaan benda uji (cm ²)
W	0.0027	0.3637	massa hilang (gr)
D	2.72	2.72	massa jenis (gr/cm ³)
Laju	23.78	57.21	mpy (mil per year)

Dari perhitungan di atas, diperoleh hasil bahwa laju korosi pada Al3104 dengan kandungan Ti=0.013%, untuk waktu perendaman 6 jam adalah 23.78 mpy sedangkan untuk waktu perendaman selama 2 minggu adalah 57.21 mpy.



BAB 5

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Larutan H₂O₂ 35% terbukti korosif terhadap material Al 3104-H19 yang biasa digunakan sebagai kaleng kemasan minuman.
2. Al 3104 H-19 dengan kandungan Ti 0.01% memiliki ketahanan korosi terhadap larutan H₂O₂ 35% lebih baik dibandingkan dengan yang memiliki kandungan Ti 0.013% maupun Ti 0%. Dalam hal ini Al 3104 H-19 dengan kandungan Ti 0% adalah yang paling tidak tahan korosi terhadap H₂O₂. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa adanya Ti pada paduan Al 3104 H-19 dapat meningkatkan ketahanan korosinya.
3. Jika ditinjau dari segi ekonomi, penambahan Ti pada Al 3104 mungkin akan menambah biaya, namun hal ini bisa dikompensasi dengan diperolehnya produk yang lebih tahan korosi sehingga kerugian akibat korosi dapat ditekan.
4. Bentuk korosi yang terjadi pada Al 3104 H-19 dengan kandungan Ti 0%, Ti 0.01% maupun 0.013% merupakan korosi merata yang terjadi di seluruh permukaan pelat.
5. Perbandingan ketahanan korosi pada Al 3104 dengan kandungan Ti 0%, Ti 0.01% dan Ti 0.013% dapat dilihat pada tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Perbandingan Ketahanan Korosi pada Al 3104

Al 3104	Al-Ti 0%	Al-Ti 0.01%	Al-Ti 0.013%
% Pengurangan Berat pada 6 jam	0.35	0.27	0.31
% Pengurangan Berat pada 2 minggu	66.86	32.59	41.77
Laju Korosi pd 6 jam pertama	27.31 mpy	21.14 mpy	23.78 mpy
Laju Korosi pd 2 minggu	92.01 mpy	43.87 mpy	57.21 mpy

DAFTAR REFERENSI

1. ASTM, ASTM G1: Recommended Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Speciment, Annual book of ASTM standard part 10.
2. Berim, Gersh O dan Ruckenstein Eli (2005), Microscopic Interpretation of Dependence of the Contact Angle on Roughness, *Journal of Langmuir* 2005, 21, 7743-7751
3. Callister, William D, (1997). Material science and engineering: an introductory. Canada: John Wiley & Sons Inc.
4. Jones, Denny A. (1992). Principles and Prevention of Corrosion. New York: Macmillan Publishing Company.
5. Kunardianto, Markus (2007). Korosi pada Paduan Alumunium 3104 H-19 (Dengan Kadar Ti 0% Berat, 0.01% Berat dan 0.013% Berat) dengan Metode Perendaman dalam Larutan Asam. Jakarta.
6. Van Delinder, L.S. (1984). Corrosion Basics an Introdiction. Texas: National Association of Corrosion Engineers.
7. Website: What is H2O2, <http://www.lancelhoff.com/2008/06/09/many-uses-for-h202-hydrogen-peroxide/>, 18 October jam 09.30.
8. Website : [http://www/Alumatter.com](http://www.Alumatter.com); 18 October 2008 jam 09.00.
9. Website : <http://www/MatWeb.com>; 20 October 2008 jam 08.30.
10. Widharto, Sri (2001). Karat dan Pencegahannya , cetakan ke-2. Jakarta: Pradya Paramita.
11. Zhou et al. (1995). Influence of Surface Roughness on the Wetting Angle. *Journal of Mater. Res.*, Vol. 10, No. 8.

LAMPIRAN

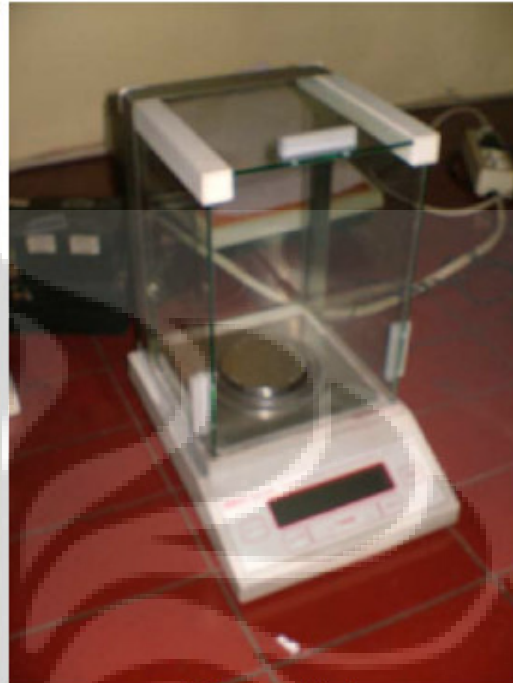
Lampiran 1. Pengukuran Kekasaran Permukaan menggunakan Mitutoyo SJ 301



Lampiran 2. Contoh display hasil pengurukan kekasaran permukaan.

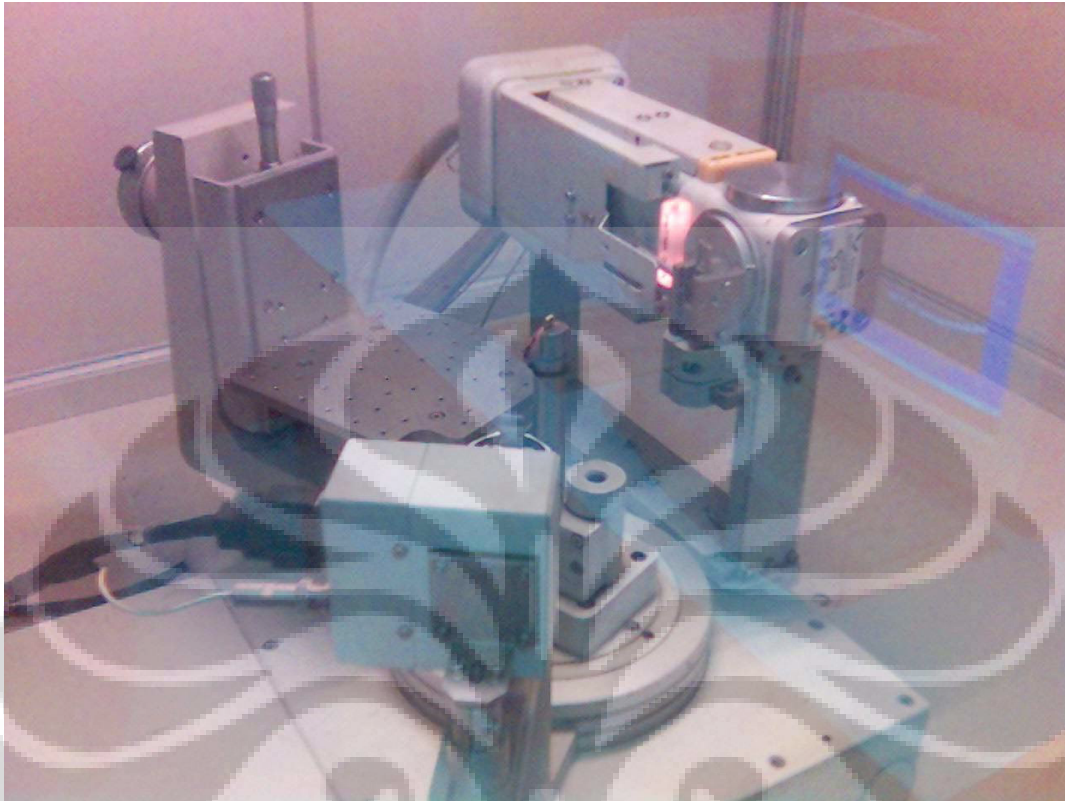


Alat XRF, JEOL JSX-3211

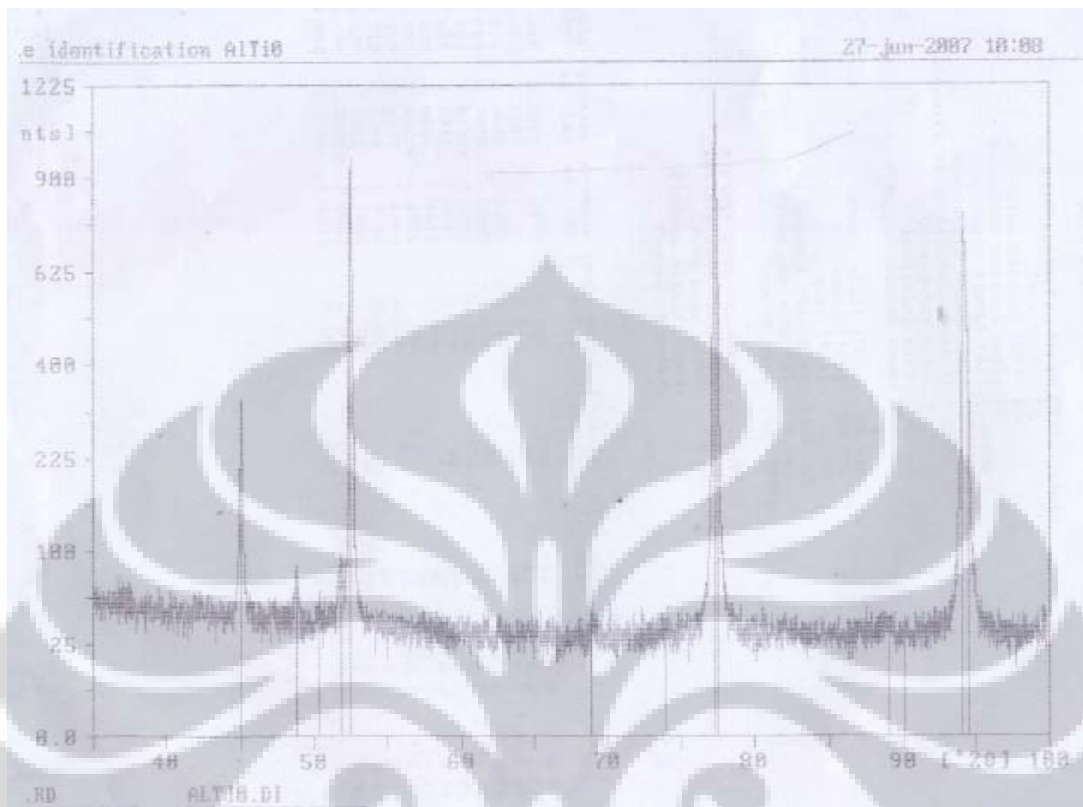


Timbangan digital
dengan ketelitian 0.0001 gr

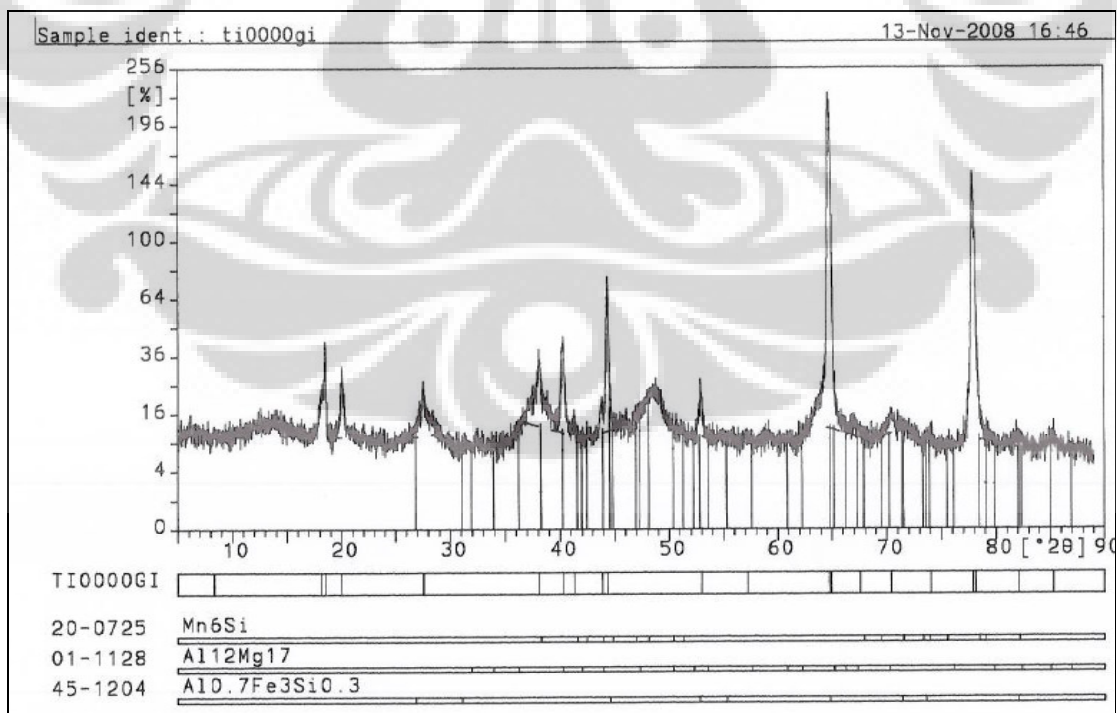
Lampiran 3. XRF dan Timbangan



Lampiran 4. Gambar Alat XRD Phillips



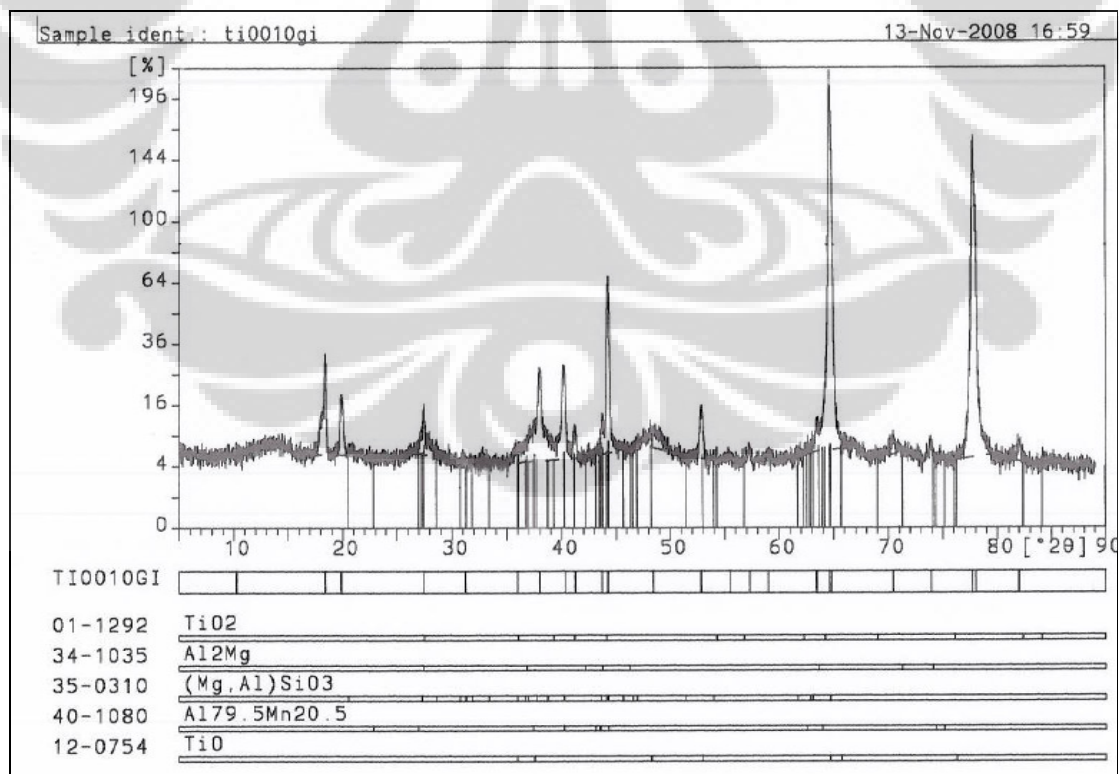
Lampiran 5. Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0% sebelum Perendaman



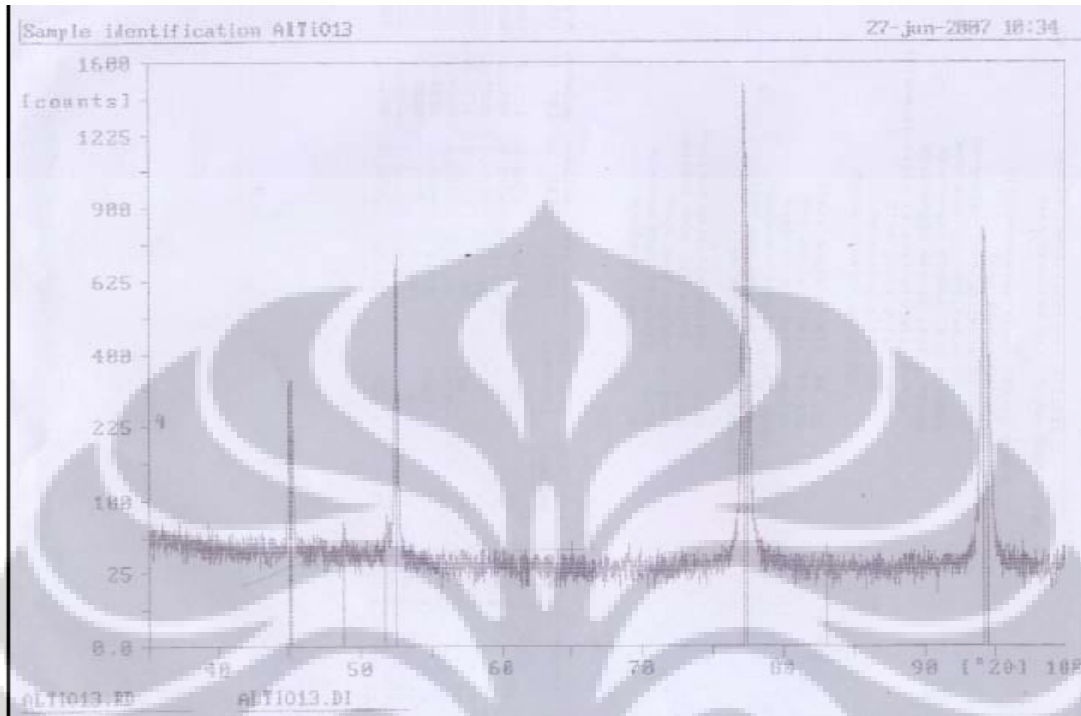
Lampiran 6. Grafik Hasil XRD Al3104 Ti 0% Setelah Perendaman



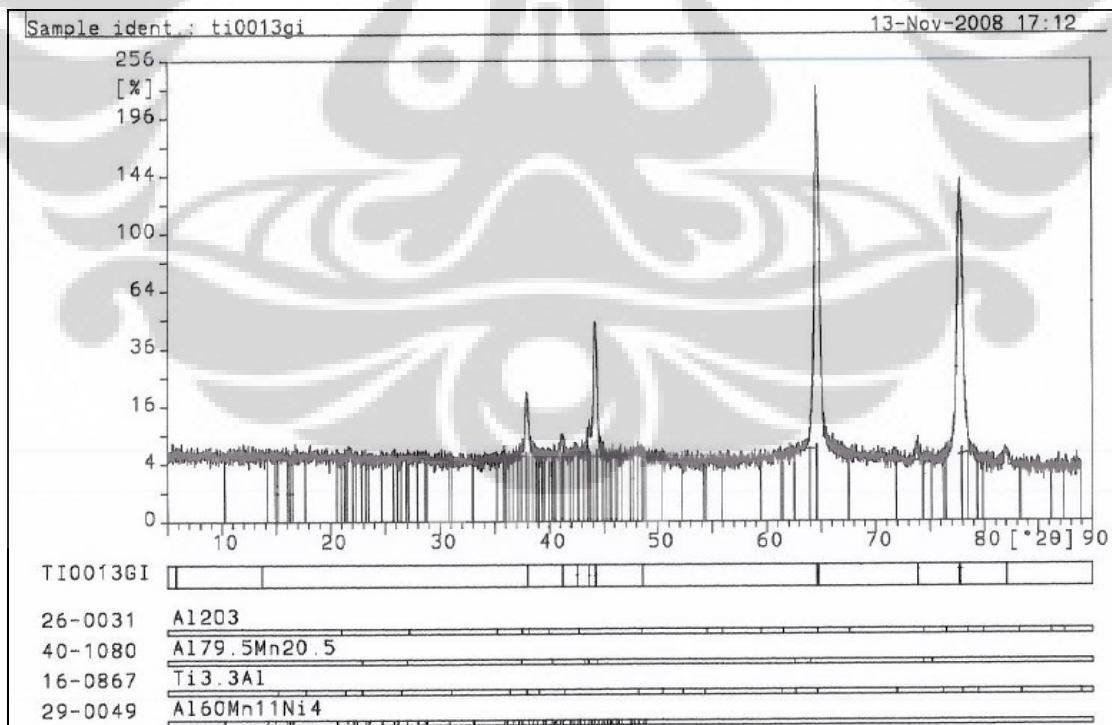
Lampiran 7. Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0.01% sebelum Perendaman



Lampiran 8 Grafik Hasil XRD Al3104 Ti 0.01% Setelah Perendaman



Lampiran 9 Grafik Hasil XRD Al3104 Ti 0.013% Sebelum Perendaman



Lampiran 10. Grafik Hasil XRD Al 3104 Ti 0.013% Setelah Perendaman