

Pengesahan Penyelia

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)”

Tandatangan	: 
Nama Penyelia	: MOHD ZULKEFLI P. S. LAMAI Pensyarah
Tarikh	: 26/05/06

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia
Karung Berkunci 1200
Ayer Keroh, 75450 Melaka

**PENYELIDIKAN TENTANG KELAKUAN ELEKTROKIMIA BAGI
KELULI LEMBUT DI DALAM PERSEKITARAN AKUEUS**

MOHD FIRDAUS BIN MOHD NOOR


**Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia**

Mei 2006

Pengakuan

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya.”

Tandatangan : 

Nama Penulis : Mohd Firdaus Bin Mohd Noor

Tarikh : 26/5/2006

“PENYELIDIKAN TENTANG KELAKUAN ELEKTROKIMIA BAGI *MILD STEEL* DI DALAM PERSEKITARAN AKUEUS”

PRAKATA

Dengan lafaz “Dengan Nama ALLAH Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang” sebagai pembuka bicara bagi Laporan Projek Sarjana Muda ini. Segala puji-pujian dipanjatkan kepada Yang Maha Esa kerana dengan limpah dan kurnianya dapat saya menyiapkan Laporan ini.

Di kesempatan ini juga, saya ucapkan jutaan terima kasih kepada insan-insan yang telah mendidik saya sehingga saat ini, iaitu Emak, Ayah, dan keluarga serta semua guru-guru yang disayangi. Tidak lupakan, kepada Adik-Adik, semoga kejayaan ini menjadi perangsang agar kalian terus berjaya kelak. Juga penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada para pensyarah, guru-guru, juruteknik dan rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak membantu, semoga ALLAH Merahmati anda semua. AMIN.

*“Semoga Allah Meredithai dan Memberi Kejayaan dalam Perjuangan Kita
Menuntut Ilmu”*

PENGHARGAAN

Di sini, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih dan penghargaan kepada En. Mohd Zulkefli Bin Selamat yang telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar kepada saya dalam menyiapkan projek ini, juga sebagai penyelia di sepanjang proses penyelidikan projek ini.

Juga jutaan terima kasih kepada semua staf akademik dan bukan akademik Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia yang telah banyak memberi kerjasama dan sokongan sama ada secara langsung atau tidak langsung untuk memperkemas dan melancarkan perjalanan projek ini.

Juga penghargaan dan terima kasih saya ucapkan kepada En. Mohd Razib B. Sani, Pengurus Projek E.V Oilfield Supply & Services Sdn. Bhd. diatas kerjasama dan tunjuk ajar yang telah diberikan sewaktu saya menjayakan projek ini. Juga kepada semua staf E.V Oilfield Supply & Services Sdn. Bhd. diatas bantuan dan sokongan moral yang diberikan.

Diharap kerjasama seperti ini dari semua pihak dapat dikekalkan dan berterusan agar matlamat-matlamat penyelidikan untuk masa-masa mendatang dapat dicapai dan seterusnya memastikan Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia terus Cemerlang, Gemilang dan Terbilang.

ABSTRAK

Telah banyak kajian dan penyelidikan dilakukan untuk mengkaji degradasi bahan terhadap faktor persekitaran, di mana ianya juga dikenali sebagai pengaratan dan juga tentang kaedah mencegah pengaratan. Pelbagai bahan telah diuji bagi memastikan kesesuaian bahan dengan aplikasi serta keadaan persekitaran dimana aplikasi dilaksanakan. Di sini, *mild steel* dipilih sebagai spesimen untuk kajian yang akan dijalankan berdasarkan kepada komposisinya dan sifat-sifat mekanikalnya. Kajian ini turut melibatkan kajian terhadap tindakan elektrokimia terhadap pengaratan *mild steel* di dalam larutan akueus. Selain itu, kajian turut dilakukan terhadap peralihan aktif-pasif-transpasif di dalam potensi arus yang wujud untuk *mild steel* di dalam larutan akueus. Selain itu, faktor-faktor yang membantu mencegah pengaratan turut dikaji dengan mengambil kira kadar pH larutan sama ada asid atau alkali.

ABSTRACT

In the recent year, much research and study has been done on degradation of materials on environmental factor, which is known as corrosion or rust. The study also include about method to prevent corrosion from occur. Various materials have been tested to ensure suitability of material with its application and environment where application is used. In this research, mild steel has been selected as specimen regarding its composition and mechanical properties. This research also includes study on electrochemical reaction on corrosion of mild steel in aqueous environment. Beside that, this research also include a study on active-passive-transpassive transition region in the current potential exist for mild steel in aqueous environment. It also include the factors which can help to prevent the corrosion from happen with consideration on pH value for solution whether it is in acidic range or alkali.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengakuan	ii
	Penghargaan	iii
	Abstrak	iv
	Senarai Isi Kandungan	vi
	Senarai Jadual	ix
	Senarai Rajah	xi
	Senarai Simbol	xiii
	Senarai Lampiran	xv
1	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Objektif Penyelidikan	3
	1.3 Penyelidikan dan Masalah Dihadapi	3
2	Kajian Ilmiah	
	2.1 Pengenalan	5
	2.2 Pengaratan	6
	2.3 Elektrokimia Pengaratan	7
	2.4 Termodinamik Pengaratan Akueus	12
	2.5 Keupayaan Elektrod dan Keupayaan Sel	14
	2.6 Kinetik Pengaratan Akueus	14
	2.7 Kepasifan Logam	15

2.8	Kesan-kesan Pengaratan	17
	2.8.1 Kesan Terhadap Ekonomi	17
	2.8.2 Kesan Terhadap Kesihatan	18
	2.8.3 Kesan Terhadap Keselamatan	18
2.9	Pencegahan Pengaratan Akueus	18
	2.9.1 Pemilihan Bahan	19
	2.9.2 Kawalan Persekitaran	19
	2.9.3 Salutan Perlindungan	20
2.10	Keluli Lembut	20
3	Kaedah Penyelidikan	22
3.1	Pendahuluan	22
3.2	Objektif Penyelidikan	22
3.3	Bahan dan Peralatan Penyelidikan	23
	3.3.1 Keluli Lembut	23
	3.3.2 Peralatan	24
	3.3.3 Bahan-bahan lain	25
3.4	Kaedah Penyelidikan	25
3.5	Prosedur Eksperimen	28
	3.5.1 Pengambilan Data Air Laut	28
	3.5.2 Penyediaan Spesimen	29
	3.5.3 Pelaksanaan Eksperimen	30
4	Data dan Keputusan Eksperimen	32
4.1	Pengenalan	32
4.2	Data Spesimen	32
	4.2.1 Data Air Laut	33
	4.2.2 Data Elektrod	39
4.3	Data Eksperimen dan Analisis Data	41
	4.3.1 Data Eksperimen	41

4.3.2 Analisis Data Eksperimen	47
5 Perbincangan	65
5.1 Pengenalan	65
5.2 Analisis Data Elektrolit	68
5.3 Analisis Data Spesimen dan Elektrod	69
5.3.1 Analisa Data Elektrod Anod	69
5.3.2 Analisa Data Elektrod Katod	71
5.4 Perbandingan Antara Eksperimen	72
5.5 Tindak Balas Elektrokimia yang berlaku	74
5.5.1 Persamaan Kimia	74
5.5.2 Kepasifan Logam	75
5.5.3 Keupayaan Logam dan Sel Elektrokimia	76
6 Kesimpulan dan Cadangan Penambahbaikan	77
6.1 Kesimpulan	77
6.2 Cadangan Penambahbaikan	78
Rujukan	80
Lampiran	

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
 BAB 2		
2.1	Sebahagian sistem dan perencat yang digunakan bagi komponen keluli	19
 BAB 3		
3.1	Komposisi unsur di dalam keluli lembut (<i>mild steel</i>)	23
3.2	Ciri-ciri spesimen yang akan digunakan	24
3.3	Peralatan yang digunakan di dalam penyelidikan ini	25
 BAB 4		
4.1	Data air laut bagi Banda Hilir, Melaka	34
4.2	Data air laut bagi Pantai Kundur, Melaka	35
4.3	Data air laut bagi Pantai Tanjung Bidara, Melaka	36
4.4	Data air laut di dalam Makmal Sains Bahan	38
4.5	Data bagi Eksperimen Satu	42
4.6	Data bagi Eksperimen Dua	43
4.7	Data bagi Eksperimen Tiga	44
4.8	Data bagi Eksperimen Empat	45
4.9	Data bagi Penambahan Elektrolit	46

4.10	Data analisis dari eksperimen satu yang dilaksanakan	49
4.11	Data analisis dari eksperimen dua yang dilaksanakan	53
4.12	Data analisis dari eksperimen tiga yang dilaksanakan	57
4.13	Data analisis dari eksperimen empat yang dilaksanakan	61

BAB 5

5.1	Data spesimen keluli lembut sebelum digilap	69
5.2	Data spesimen keluli lembut selepas digilap	69
5.3	Data elektrod katod; keluli tahan karat	71
5.4	Jadual analisa data dari setiap eksperimen	72

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
 BAB 2		
2.1	Tindak balas di antara asid hidroklorik dengan zink untuk menghasilkan gas hidrogen	8
2.2	Gambarajah skematik untuk Sel Daniell	9
2.3	Gambarajah skematik untuk Sel Kepekatan Garam	10
2.4	Gambarajah skematik untuk Sel Berbeza Aerasi	11
2.5	Kesan laluan tindak balas terhadap kadar tindak balas	13
2.6	Gambarajah Pourbaix untuk logam, air dan sistem oksigen	15
2.7	Keluk polarisasi untuk peralihan dari aktif ke pasif bagi logam dan sistem ionnya	15
2.8	Kesan variasi tindak balas katod terhadap arus pengaratan dan keupayaan logam di dalam peralihan aktif-pasif	16
 BAB 3		
3.1	Spesimen Keluli Lembut (<i>Mild Steel</i>) yang akan digunakan	24
3.2	Carta alir yang menunjukkan aliran proses penyelidikan yang akan dilaksanakan.	27
3.3	Pengambilan Suhu Persekitaran	29
3.4	Pengambilan data air laut	29
3.5	Merekodkan data spesimen	30

BAB 4

4.1	Gambar eksperimen satu	48
4.2	Keadaan spesimen satu selepas 12 jam	48
4.3	Gambar eksperimen dua yang dilaksanakan di dalam ketuhar pada suhu 31°C	52
4.4	Keadaan spesimen dua selepas 12 jam	52
4.5	Gambar eksperimen tiga	56
4.6	Gambar eksperimen empat	62
4.7	Keadaan spesimen empat selepas 12 jam	62

BAB 5

5.1	Graf pH elektrolit melawan suhu persekitaran, T_{ave} bagi Banda Hilir, Melaka.	66
5.2	Graf pH elektrolit melawan suhu persekitaran, T_{ave} bagi Pantai Kundur, Melaka.	67
5.3	Graf pH elektrolit melawan suhu persekitaran, T_{ave} bagi Tanjung Bidara, Melaka.	67
5.4	Spesimen keluli lembut (<i>mild steel</i>) dan dimensi spesimen	70
5.5	Spesimen keluli tahan karat 304 dan dimensi spesimen	71
5.6	Graf kehilangan jisim melawan masa pendedahan bagi keseluruhan eksperimen	73
5.7	Graf kadar pengurangan melawan masa pendedahan bagi keseluruhan eksperimen	74

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
Zn	Zink
Fe	Ferum
HCl	Asid Hidroklorik
Mg	Magnesium
Cu	Kuprum
H ₂ O	Air
H ₂	Gas Hidrogen
O ₂	Gas Oksigen
Zn ²⁺	Ion Zink
H ⁺	Ion Hidrogen
Fe ²⁺	Ion Ferum
OH ⁻	Ion Hidroksil
G	Tenaga Bebas
e ⁻	Elektron
n	Bilangan Elektron
F	Pemalar Faraday [Coulomb]
T	Suhu [°C]
A	Luas Permukaan [m ²]
W	Jisim [gram]
D	Ketumpatan [g/cm ³]
K	Pemalar Pengaratan [g/m ² h]
t	Ketebalan [mm]

SUBSKRIP**DEFINISI**

ave

Purata

W/A

Perubahan Jisim per Unit Luas

O

asal

F

akhir

Huruf Greek**Definisi** Δ

Perubahan

SENARAI LAMPIRAN**LAMPIRAN****PERKARA**

- | | |
|---|---|
| A | Lukisan 3-Dimensi Elektrod Anod |
| B | Lukisan 3-Dimensi Elektrod Katod |
| C | Foto sewaktu Proses Penyediaan Spesimen |
| D | Foto sewaktu Pelaksanaan Eksperimen |
| F | Siri Galvani Logam di dalam Air Laut |

BAB 1.0

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Mild Steel (keluli lembut) ialah gabungan beberapa unsur logam dan mengandungi kandungan karbon yang kurang dari 0.18%. Disebabkan oleh kandungan karbonnya yang rendah, keluli lembut tidak boleh melalui proses pengerasan [1]. Keluli lembut dikenali sebagai aloi logam memandangkan ia mengandungi kuantiti tertentu unsur-unsur aloi; selain dari karbon dan biasanya ia mengandungi Mangan, Silikon, Sulfur dan Fosforus yang ditambah untuk mengubah sifat mekanikal atau fizikal bahan. Terdapat dua istilah untuk aloi Keluli iaitu keluli beraloi rendah (*low-alloy steel*) dan keluli beraloi tinggi (*high-alloy steel*). Di mana untuk Aloi Keluli Rendah mengandungi kurang dari 5% jumlah unsur aloi logam manakala bagi Aloi Keluli Tinggi mengandungi lebih dari 5% jumlah unsur aloi logam dan tidak mengandungi unsur karbon, C. Pengaloiian merupakan satu kaedah yang amat berkesan selain dari pengkompositan untuk meningkatkan kekuatan bahan di samping memperbaiki sifat-sifat fizikal dan ciri-ciri keseluruhan bahan aloi tersebut [2].

Pengaratian boleh ditakrifkan sebagai perubahan terhadap bahan akibat daripada serangan kimia yang disebabkan oleh keadaan persekitaran bahan [3]. Selain itu, pengaratian juga dikenali sebagai degradasi bahan oleh keadaan persekitaran. Ini boleh disebabkan perubahan keadaan persekitaran yang dipengaruhi oleh unsur-unsur luar seperti cuaca dan kadar kelembapan. Pengaratian telah mengakibatkan industri kerugian akibat dari keperluan untuk menukar bahagian atau

kelengkapan yang telah berkarat. Ia secara tidak langsung memendekkan jangka hayat sesuatu komponen atau bahagian akibat dari proses pengaratan. Sehubungan dengan itu, beberapa kajian dan penyelidikan telah dilaksanakan untuk mengkaji dan seterusnya mencari langkah-langkah perlu untuk mencegah pengaratan atau mengurangkan kadar pengaratan per tahun.

Tindak Balas Elektrokimia ialah satu proses yang melibatkan pemindahan elektron dan perubahan kimia sesuatu bahan. Ianya akan melalui 2 proses iaitu; Proses Pengoksidaan (tindak balas anod) dan Proses Penurunan (tindak balas katod). Proses Pengoksidaan adalah satu proses tindak balas kimia yang menghasilkan elektron manakala Proses Penurunan ialah proses tindak balas kimia yang akan menggunakan elektron. Tiga komponen penting untuk pengaratan berlaku adalah air, oksigen dan besi. Tindak balas antara ketiga-tiga unsur tersebut akan menghasilkan proses pengaratan yang seterusnya akan memendekkan jangka hayat bahan dan mencacatkan sifat bahan dari sudut fizikal, mekanikal dan penampilan bahan.

Kajian-kajian dan penyelidikan terhadap pengaratan adalah amat menarik dan perlu diteruskan kerana ketika ini kebanyakan industri masih lagi menggunakan keluli dan aloinya sebagai bahan terutamanya di dalam bahagian-bahagian kritikal contohnya bahagian struktur untuk pelantar minyak dan struktur bagi jambatan. Ini penting untuk mengurangkan kadar pengaratan seterusnya dapat memanjangkan lagi jangka hayat bahan dan juga struktur tersebut. Pencegahan pengaratan boleh dilakukan dengan pelbagai cara tertakluk kepada aplikasi di dalam industri memandangkan terdapat batasan atau had yang telah ditetapkan oleh pihak berkuasa seperti Jabatan Kerja Raya bagi Industri Pembinaan.

Kajian ini akan meliputi aspek tindak balas elektrokimia bagi pengaratan yang meliputi kajian terhadap peralihan aktif-pasif-transpasif di dalam potensi arus yang wujud di dalam keluli lembut (*mild steel*) iaitu spesimen yang digunakan dalam kajian ini dan juga faktor-faktor yang mempengaruhi kadar pengaratan bagi larutan akueus dan kaedah-kaedah atau cara-cara mencegah pengaratan bagi larutan akueus.

1.2 OBJEKTIF PENYELIDIKAN

Penyelidikan ini dilaksanakan dengan bersandarkan kepada beberapa objektif dan skop yang mana ia akan menjadi garis panduan bagi penyelidikan ini. Objektif utama penyelidikan ini meliputi pelaksanaan penyelidikan bagi proses kajian berhubung tindak balas elektrokimia di dalam larutan akueus bagi keluli lembut (*mild steel*). Ini akan melibatkan kajian terhadap proses elektrokimia bagi pengaratan dan termodinamik bagi proses pengaratan akueus.

Selain itu, Keluk Polarisasi untuk peralihan fasa dari aktif ke pasif bagi logam dan sistem ionnya turut dikaji di dalam penyelidikan ini bagi mengkaji tentang kewujudan arus bagi ion-ion keluli lembut di dalam larutan akueus. Di sini, kajian akan dilaksanakan dengan mengkaji kepasifan logam dan kesannya terhadap proses pengaratan keluli lembut di dalam larutan akueus.

Selain itu, penyelidikan ini juga bertujuan untuk mengenal pasti langkah-langkah yang boleh mencegah pengaratan bagi keluli lembut di dalam larutan akueus. Ini adalah penting bagi memastikan jangka hayat bagi sesuatu produk atau bahan tersebut adalah sesuai dengan kegunaan bahan tersebut. Ini seterusnya dapat mengurangkan kadar kemalangan dan kerugian bagi industri akibat dari proses penukar gantian komponen yang kerap yang disebabkan oleh proses pengaratan.

Penyelidikan yang akan dijalankan juga akan meliputi kajian terhadap kesan kerja sejuk (*Cold Working*), kekasaran permukaan, salutan logam dan kepasifan logam serta yang berkaitan tentang kelakuan elektrokimia terhadap keluli lembut di dalam persekitaran akueus.

1.3 PENYELIDIKAN DAN MASALAH YANG DI HADAPI

Terdapat beberapa masalah yang telah dihadapi sewaktu penyelidikan ini dijalankan. Namun begitu, masalah-masalah ini telah berjaya di atasi dengan bantuan Penyelia Projek Sarjana Muda saya, En. Mohd Zulkefli Selamat dan staf-staf lain yang memberi tunjuk ajar dan sokongan. Antara masalah yang dihadapi ialah kekurangan maklumat dan sumber rujukan serta kekurangan kelengkapan makmal untuk menjalankan penyelidikan.

Bagi mengatasi masalah kekurangan maklumat dan sumber rujukan bagi kajian ini, saya telah mendapatkan cadangan dari En. Zulkeli berhubung bahan-bahan yang perlu dirujuk memandangkan maklumat yang saya perolehi kurang mencukupi. Selain itu, terdapat beberapa maklumat yang tidak dinyatakan dengan jelas sumbernya juga menyukarkan tugas-tugas melaksanakan penyelidikan ini. Dengan bantuan En. Zulkefli, Staf-staf lain dan rakan-rakan, akhirnya saya berjaya mengumpul maklumat yang mencukupi dan menjadi rujukan saya sepanjang proses penyelidikan ini berjalan.

Kekurangan kelengkapan di makmal turut membataskan proses pemilihan bagi kaedah atau metodologi eksperimen bagi penyelidikan ini. Ini adalah kerana pada awalnya, saya merancang untuk menggunakan kaedah Semburan Kabus (*Fog Spray*) bagi mewujudkan keadaan akueus. Namun memandangkan makmal tidak memiliki peralatan tersebut saya mengubah kaedah eksperimen. Hasil dari perbincangan dengan Penyelia saya, En. Zulkifli, dan Pengurus Makmal, En. Ruztamren, saya telah memilih kaedah Elektrolisis sebagai metodologi untuk menjalankan penyelidikan ini.

BAB 2.0

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Telah banyak kajian-kajian dan penyelidikan dilakukan berhubung dengan pengaratan, kesan-kesan pengaratan dan cara-cara mencegah pengaratan. Ini adalah kerana keluli dan besi serta aloi-aloinya merupakan bahan utama di dalam industri baik sebagai struktur untuk sesuatu pembinaan atau sebagai bahan mentah untuk proses pembuatan sesuatu produk. Di dalam industri pembinaan, besi dan keluli digunakan sebagai struktur utama yang akan menyokong sama ada jambatan, bangunan dan lain-lain. Di dalam industri minyak dan gas, keluli adalah bahan utama contohnya *Stainless Steel 316L* digunakan sebagai bahan untuk pintu kalis api bagi bahagian luaran pelantar minyak manakala keluli lembut (*mild steel*) digunakan sebagai bahan untuk pintu kalis api bagi bahagian dalaman sesebuah pelantar di tengah laut. Disebabkan oleh keluli dan besi merupakan bahan yang menjadi sokongan kepada bahagian-bahagian kritikal, adalah menjadi suatu keperluan untuk besi dan keluli memiliki sifat-sifat mekanikal dan fizikal yang baik serta memiliki jangka hayat yang panjang. Namun demikian, disebabkan oleh degradasi bahan dengan persekitaran iaitu proses pengaratan telah menyebabkan jangka hayat bahan berkurang dan memberi kesan terhadap sifat-sifat mekanikal dan fizikal bahan tersebut.

Kajian adalah perlu terutamanya dalam mencari langkah-langkah perlu untuk mengurangkan kadar pengaratan. Dengan itu, kita boleh menjangkakan jangka hayat bagi besi atau keluli dan aloinya yang digunakan di dalam industri.

Kajian yang dilakukan ini akan mengkhusus kepada tindakan elektrokimia terhadap keluli lembut di dalam persekitaran akueus serta peralihan bahagian aktif-pasif-transpasif terhadap potensi arus yang wujud di dalam keluli lembut, juga kesan kerja sejuk (*Cold Working*), kekasaran permukaan, penyalutan logam dan pempasifan logam serta yang berkaitan tentang kelakuan elektrokimia terhadap keluli lembut di dalam persekitaran akueus.

2.2 Pengaratan

Terdapat banyak takrifan bagi pengaratan berdasarkan rujukan dari dalam buku mahupun di internet. Salah satunya menyatakan bahawa pengaratan merupakan satu proses elektrokimia yang melibatkan anod, katod dan elektrolit. Maklumat ini diperolehi dari buku "*Environmental Degradation of Metals*", Chapter 2; *Aqueous Corrosion: Fundamentals, Electrode Potential and Cell Potential*, Di mana apabila sesebuah logam itu berkarat, elektrolit akan membekalkan oksigen kepada anod dan apabila oksigen bergabung dengan unsur logam, elektron akan dibebaskan. Turut dinyatakan ialah tiga unsur penting bagi pengaratan berlaku iaitu besi, air dan oksigen.

Pengaratan juga ditakrifkan sebagai degradasi bahan oleh keadaan persekitarannya. Ianya merupakan satu proses yang mahal memandangkan proses pengaratan menyebabkan kerosakan dan kerugian yang agak besar kepada industri moden. Disebabkan itu, kajian-kajian dan penyelidikan yang berterusan adalah perlu demi mengurangkan kerugian dan kerosakan akibat pengaratan. Merujuk kepada laman web : <http://science.howstuffworks.com/science-channel.htm> di dalam artikel yang bertajuk, *How Does Rust Work?*, ia menyatakan bahawa degradasi merupakan satu proses yang berlaku pada permukaan sesuatu bahan. Proses ini boleh berlaku kepada bahan-bahan seperti logam, semikonduktor, penebat, seramik dan polimer. Pengaratan Akueus pula ditakrifkan sebagai tindak balas bahan terhadap elektrolit di mana ia memiliki beberapa kepentingan yang berbeza. Bagi pengaratan akueus, bahagian yang paling penting adalah merupakan tindak balas antara logam dan elektrolit yang akan di terangkan dalam subtajuk 2.2.

Hasil rujukan di dalam buku “*Corrosion and Environmental Degradation*”, *Volume 1*, di dalam bab 1 iaitu *Introduction*, mendefinisikan pengaratan sebagai serangan terhadap bahan logam yang disebabkan oleh keadaan persekitarannya. Ia boleh berlaku bukan sahaja terhadap bahan berasaskan logam, tetapi juga kepada bahan-bahan bukan logam. Pengaratan boleh diklasifikasikan kepada 3 kumpulan utama;

1. Pengaratan Basah (*Wet Corrosion*), di mana persekitaran kakisan adalah air dengan spesies terlarut. Larutan tersebut akan menjadi elektrolit dan proses ini merupakan proses elektrokimia.
2. Pengaratan di dalam bendalir lain seperti garam terlakur atau logam terlebur.
3. Pengaratan Kering (*Dry Corrosion*), di mana persekitaran kakisan atau pengaratan merupakan gas kering. Ianya juga biasanya dikenali sebagai pengaratan kimia dan contoh terbaik adalah pengaratan pada suhu tinggi.

Bagi kajian ini, ia akan lebih mengkhusus kepada Pengaratan Basah memandangkan kajian akan dilakukan terhadap proses pengaratan di dalam larutan akueus di mana di dalam larutan tersebut terdapat air dan spesies tertentu yang akan berfungsi sebagai elektrolit.

2.3 Elektrokimia Pengaratan

Elektrokimia boleh ditakrifkan sebagai satu proses yang melibatkan pemindahan elektron dan perubahan kimia sesuatu bahan. Ianya akan melalui 2 proses iaitu; Proses Pengoksidaan (tindak balas anod) dan Proses Penurunan (tindak balas katod). Pengaratan di dalam persekitaran akueus dan alam sekitar merupakan proses elektrokimia kerana ianya melibatkan pemindahan elektron dari permukaan logam dan larutan elektrolit akueus.

Pengaratan logam di dalam persekitaran akueus adalah hampir kepada elektrokimia alam semula jadi. Ianya berlaku apabila dua atau lebih tindak balas elektrokimia berlaku di permukaan logam. Akibat daripada tindak balas yang berlaku, sebahagian unsur logam atau aloinya akan berubah dari keadaan metalik