



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 184834

ANALISIS PENGARUH LUAS PERMUKAAN DAN JENIS KATODA TERHADAP EFISIENSI ANODA PADA PENGUJIAN IMERSI DENGAN MENGUNAKAN METODE DNV GL RP-B401

IFTHAR MUHAMMAD GHAZY
NRP 02511540000111

Dosen Pembimbing
Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.
Lukman Noerochim, S.T, M.Sc, Eng.,

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - TL 184834

**ANALISIS PENGARUH LUAS PERMUKAAN DAN
JENIS KATODA TERHADAP EFISIENSI ANODA
PADA PENGUJIAN IMERSI DENGAN
MENGUNAKAN METODE DNV GL RP-B401**

**IFTHAR MUHAMMAD GHAZY
NRP 02511540000111**

**Dosen Pembimbing
Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.
Lukman Noerochim, S.T, M.Sc, Eng., Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

(halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 184834

ANALYSIS OF SURFACE AREA AND CATHODE TYPE TO ANODE EFFICIENCY ON IMMERSION TEST USING DNV GL RP-B401 METHOD.

IFTHAR MUHAMMAD GHAZY
NRP 02511540000111

Advisors

Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.
Lukman Noerochim, S.T, M.Sc, Eng., Ph.D

MATERIAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2019

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**ANALISI PENGRUH LUAS PERMUKAAN DAN
JENIS KATODA TERHADAP EFISIENSI ANODA
PADA PENGUJIAN IMERSI DENGAN
MENGUNAKAN METODE DNV GL RP-B401**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Korosi dan Pengendalian Korosi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

IFTHAR MUHAMMAD GHAZY
NRP 0251154000111

Disetujui oleh tim pembimbing tugas akhir :

Tubagus Noor Rohmannudin ST., M.Sc. (Pembimbing I)
Luman Noerochim ST., M.Sc, Eng., Ph.D.... (Pembimbing II)



**ANALISIS PENGARUH LUAS PERMUKAAN DAN JENIS
KATODA TERHADAP EFISIENSI ANODA PADA
PENGUJIAN IMERSI DENGAN MENGGUNAKAN
METODE DNV GL RP-B401**

Nama Mahasiswa : Ifthar Muhammad Ghazy
NRP : 02511540000111
Jurusan : Departemen Teknik Material FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Tubagus Noor Rohmannudin ST.,
M.Sc.
Co-Pembimbing : Lukman Noerochim ST., M.Sc, Eng.,
Ph.D

Abstrak

Korosi adalah proses degradasi sebuah materia akibat reaksi redoks antara suatu senyawa atau logam dengan berbagai zat. Pada dunia industri korosi masih menjadi sorotan khusus, karena kerusakan dan kegagalan yang disebabkan oleh korosi menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Ada beberapa cara untuk mengendalikan proses korosi, salah satunya dengan metode SACP. Pada penelitian kali ini menggunakan metode SACP berdasarkan standar DNV•GL RP-B401. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari anoda korban, yaitu: efisiensi, dan potensial anoda, selain itu pengaruh jenis katoda dan pengaruh luas permukaan katoda terhadap efisiensi anoda korban aluminium (Al). Pada percobaan ini didapatkan hasil bahwa semakin kecil luas permukaan maka memiliki efisiensi yang lebih tinggi. Sedangkan semakin besar luas permukaan maka arus potensial akan semakin positif. Pada luas permukaan 100cm^2 memiliki efisiensi 71% sedangkan pada luas permukaan 550cm^2 memiliki efisiensi sebesar 62%. Lain halnya dengan arus potensial, pada luas permukaan 100cm^2 memiliki arus potensial $-1136,5\text{ mV}$, dan pada luas permukaan 550cm^2 memiliki arus potensial $-982,5\text{ mV}$. Sedangkan jenis katoda

mempengaruhi efisiensi sebesar $\pm 14\%$, hal tersebut karena adanya perbedaan komposisi paduan pada kedua pipa baja tersebut. Arus potensial yang dihasilkan juga berbeda, dimana API 5L Grade memiliki hasil yang lebih negatif yaitu $-1026,5 \text{ mV}$ dan pada pipa baja rendah memiliki potensial -980 mV pada saat open circuit potential.

Kata Kunci : Korosi, Anoda Korban, SACP, DNV•GL, Aluminum, Efisiensi, Arus Potensial, Jenis Katoda, Luas Permukaan.

ANALYSIS OF SURFACE AREA AND CATHODE TYPE TO ANODE EFFICIENCY ON IMMERSION TEST USING DNV GL RP-B401 METHOD.

Student Name : Ifthar Muhammad Ghazy
NRP : 02511540000111
Department : Departemen Teknik Material FTI-ITS
Advisor : Tubagus Noor Rohmannudin ST.,
M.Sc.
Co-Advisor : Lukman Noerochim ST., M.Sc, Eng.,
Ph.D

Abstract

Corrosion is the process of degradation of a material due to a redox reaction between a compound or metal with various substances. Corrosion still have a special spotlight in the industry, because the damage and failure caused by corrosion causes a significant loss. There are several ways to control the corrosion process, one of them is the SACP method. In this study using the SACP method based on DNV standards • GL RP-B401. The purpose of this study is to determine the characteristics of the sacrificial anode, namely: efficiency, and anode potential, besides the influence of the cathode type and the effect of the cathode surface area on the efficiency of the aluminum sacrifice anode. In this experiment the results showed that the smaller the surface area it has a higher efficiency. While the greater the surface area, the potential current will be more positive. The 100cm² surface area has an efficiency of 71% while the surface area of 550cm² has an efficiency of 62%. As with the potential flow, the surface area of 100cm² has a potential current of -1136.5 mV, and at a surface area of 550cm² has a potential current of -982.5 mV. While the cathode type affects the efficiency of ± 14%, this is because of the difference in alloy composition in the two steel pipes. The resulting potential currents are also different, where API 5L Grade has a more negative result which is -1026.5 mV

and the low steel pipe has a potential of -980 mV when open circuit potential.

Keywords : Corrosion, Sacrificial Anode, SACP, DNV•GL, Aluminum, Efficiency, Potential Current, Cathode Type, Surface Area.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Dengan mengucap puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas ridho dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**ANALISIS PENGARUH LUAS PERMUKAAN DAN JENIS KATODA TERHADAP EFISIENSI ANODA PADA PENGUJIAN IMERSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE DNV GL RP-B401**” Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Material FTI-ITS.

Penulis merasa bahwa dalam menyusun laporan ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Menyadari penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Allah SWT karena dengan rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Orang tua Penulis yaitu Ibu tercinta Ayustine Dyah dan Ayah Hanibal. Berkat bantuan doa, wejangan, dan finansial lah penulis bisa mengejar cita-citanya.
3. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS.
4. Bapak Tubagus Noor, ST, M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir. Dengan bimbingan dan arahannya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Bapak Lukman Noerochim S.T, M.Sc., Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing 2 tugas akhir dan dosen wali penulis yang telah memberikan banyak masukan, kritik, dan saran bagi penulis.
6. Ibu Vania Mitha Pratiwi, ST., MT. selaku dosen wali yang telah membantu penulis menjalani pendidikan di Departemen Teknik Material FTI-ITS.
7. Saudara kandung penulis yaitu kakak tercinta Mayzura Ghassani dan kakak Alyssa Amany, yang mana doa dan dukungannya menjadikan kekuatan bagi penulis.
8. Semua dosen dan tendik yang ikut serta melancarkan proses penyelesaian tugas akhir.

Surabaya, 22 Juli 2019
Penulis,

Ifthar Muhammad Ghazy
02511540000111

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Korosi	5
2.1.1 Pengertian Korosi	5
2.1.2 Jenis-jenis Korosi	6
2.2 Tahapan Terjadinya Korosi.....	6
2.3 Metode Pengendalian Korosi	7
2.4 Potensial Elektrokimia.....	9
2.5 Potensial Proteksi	11
2.6 Proteksi Katodik	11
2.6.1 Proteksi Katodik Arus Paksa	12
2.6.2 Proteksi Katodik Anoda Korban	15
2.7 Anoda	17
2.7.1 Anoda Korban Aluminium	19
2.7.1 Karakteristik Anoda Koran Aluminium	19
2.8 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Anoda Logam Aluminium	23
2.8.1 Pengaruh Unsur Seng(Zn).....	23
2.8.2 Pengaruh Unsur Indium (In)	24
2.8.3 Pengaruh Unsur Silikon (Si)	24
2.8.4 Pengaruh Unsur Fe dan Cu	25

2.9	DNV GL (<i>Det Norske Veritas</i>) (<i>Germanischer Lloyd</i>)	25
2.9.1	DNV GL RP-B401	26
2.10	Baja	28
2.10.1	Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Baja	29
2.10.2	Baja API 5L	30
2.11	Diagram Pourbaix	32
2.12	Korosi pada Air Laut	33
2.12.1	Salinitas	33
2.12.2	Kandungan Oksigen	34
2.12.3	Temperatur	35
2.12.4	pH	35
2.13	Overprotection	36
2.14	Elektroda Referensi	36
2.15	Diagram Ellingham	39
2.16	Penelitian Sebelumnya	40
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Diagram Alir	45
3.2	Standar Yang Digunakan	46
3.3	Alat dan Bahan	46
3.3.1	Alat	46
3.3.2	Bahan	47
3.4	Pengujian DNV GL RP-B401	48
3.4.1	Preparasi Sampel dan Bahan Pengujian	49
3.4.2	Prosedur Pengujian	49
3.4.3	Kriteria Penerimaan	51
3.4.4	Skema Pereancangan	51
3.5	Pembuatan Larutan Salinitas 3%	53
3.6	Komposisi Bahan	54
3.7	Tabel Eksperimen dan Pengujian	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Analisa Data	57
4.2	Pembahasan	61
4.2.1	Efisiensi Anoda Korban	62
4.2.2	Jenis Katoda	63

4.2.3	Luas Permukaan	67
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
	DAFTAR PUSTAKA.....	75
	LAMPIRAN.....	79
	BIODATA PENULIS	83

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Deret Potensial Elektron.....	10
Gambar 2.2 Rangkaian ICCP	14
Gambar 2.3 Rangkaian SACP.....	15
Gambar 2.4 Rangkaian Percobaan Berdasarkan Standar DNV GL RP-B401	27
Gambar 2.5 Baja API 5L Grade B.....	31
Gambar 2.6 Diagram Pourbaix.....	33
Gambar 2.7 Pengaruh Kandungan Oksigen, Temperatur, pH dan Salinitas Terhadap Kedalaman Air Laut	35
Gambar 2.8 Diagram Ellingham	39
Gambar 2.9 Pengaruh Unsur Paduan Zinc (Zn) Terhadap Nilai Potensial.	41
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	45
Gambar 3.2 Pipa Baja API 5L Grade B	47
Gambar 3.3 Pipa <i>Low Carbon Steel</i>	47
Gambar 3.4 Anoda Korban Aluminum	48
Gambar 3.5 Skema Rangkaian Penelitian pada Pipa API 5L Grade B dan Pipa <i>Low Carbon Steel</i>	52
Gambar 3.6 Skema Rangkaian Penelitian	53
Gambar 4.1 Efisiensi Anoda Korban.....	62
Gambar 4.2 <i>Open Circuit Potential</i> Anoda Berdasarkan Luas Permukaan	63
Gambar 4.3 <i>Open circuit Potensial</i> Katoda Berdasarkan Luas Permukaan	63
Gambar 4.4 <i>Closed Circuit Potential</i> Anoda Berdasarkan Luas Permukaan	64
Gambar 4.5 <i>Closed Circuit Potential</i> Katoda Berdasarkan Luas Permukaan	65
Gambar 4.6 <i>Open Circuit Potential</i> Anoda Berdasarkan Jenis Pipa.....	67
Gambar 4.7 <i>Open Circuit Potential</i> Katoda Berdasarkan Jenis Pipa.....	68

Gambar 4.8	<i>Closed Circuit Potential</i> Anoda Berdasarkan Jenis Pipa.....	69
Gambar 4.9	<i>Closed Circuit Potential</i> Katoda Berdasarkan Jenis Pipa.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Anoda Korban	18
Tabel 2.2 Jenis-jenis DNVGL RP-B401	26
Tabel 2.3 komposisi kimia baja api 5L Grade B	32
Tabel 2.4 Kaandungan Garam Dalam Laut	34
Tabel 2.5 Efisiensi Unsur Paduan (Zn) Terhadap Kekerasan	42
Tabel 3.1 Komposisi Aluminium Anoda Korban	54
Tabel 3.2 Kposisi Pipa API 5L Grade B	54
Tabel 3.3 Komposisi Pipa <i>low carbon steel</i>	55
Tabel 3.4 Tabel Eksperimen dan Pengujian	56
Tabel 4.1 Data <i>Open</i> Dan <i>Closed Circuit</i> Potensial Anoda Korban Pada Baja API 5L Grade B dan <i>Low Carbon Steel</i>	57
Tabel 4.2 Data <i>Open</i> Dan <i>Closed Circuit</i> Potensial Katoda	58
Tabel 4.3 Arus Potensial Anoda Korban Rata-rata pada Pipa Baja API 5L Grade B dan <i>Low Carbon Steel</i>	59
Tabel 4.4 Arus Potensial Katoda	59
Tabel 4.5 Efisiensi Anoda Korban	61

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi atau yang biasa disebut dengan karat sangat wajar terjadi terutama pada logam. Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat yang ada di lingkungannya dan menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Pada dunia industri, korosi masih menjadi sorotan khusus, kerusakan dan kegagalan yang di akibatkan oleh korosi menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Pengendalian korosi sangat diperlukan dalam dunia industri maupun dalam kehidupan sehari-hari. Faktor fluida yang mengalir, faktor lingkungan, faktor seleksi material juga mempengaruhi laju korosi pada material logam.

Beberapa cara-cara pengendalian laju korosi pada suatu material adalah *inhibitor*, *coating* atau pelapisan, insulasi, sistem proteksi katodik, dan *cladding*. Umumnya pengendalian korosi yang dilakukan pada pipa menggunakan sistem proteksi katodik. Proteksi katodik sendiri memiliki dua jenis yaitu *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP) dan *Impressed Current Cathodic Protection* (ICCP). ICCP adalah sistem proteksi katodik arus paksa. Sistem proteksi ini dapat sangat cepat untuk memproteksi tetapi memerlukan biaya yang cukup tinggi. Sedangkan SACP adalah sistem proteksi katodik menggunakan anoda tumbal, sistem ini menggunakan prinsip sel galvanik dengan mengandalkan beda potensial antara anoda dan katoda secara alami.

DNV GL adalah suatu lembaga kalsifikasi lembaga terbesar yang menyediakan layanan untuk 13.175 kapal dan unit lepas pantai (MOU) sebesar 265,4mil gt yang mewakili pasar

global sebesar 21%. Setiap tahun DNV GL banyak berinvestasi dalam R&D yang berjumlah 5% dari pendapatannya. Sejak 1864, DNV GL elalu mempertahankan departemen yang didedikasikan untuk penelitian yang meningkatkan dan mengembangkan layanan, aturan, dan standar untuk dunia industri. Banyak inovasi dari DNV GL yang digunakan sebagai acuan untuk standar internasional.

Salah satu pengujian pada noda korban adalah dengan menggunakan standar DNV GL RP-B401. Standar tersebut digunakan untuk mengetahui *consumption rate*, efisiensi, dan kapasitas anoda. Dalam aplikasi industri struktur *offshore*, material anoda yang sering digunakan adalah *aluminum* (Al) dan *zinc* (Zn) (Suratman R,2001). *Aluminum* memiliki ketahan yang baik dibandingkan dengan seng karena *aluminum* mempunyai lapisan tipis yang menempel sangat kuat pada permukaannya, bahkan apabila tergores maka lapisan oksida ini dapat diperbaiki kembali pada lingkungan tertentu. Dengan latar belakang tersebut penulis ingin mengetahui bagaimana cara pengujian menggunakan standar DNV GL RP-B401. Pada tugas akhir ini menggunakan variasi jenis katoda dan luas permukaan katoda, hal tersebut didasari karena pada standar DNV GL RP-B401 hanya disebutkan bahwa material yang digunakan baja karbon dan juga baja paduan rendah dengan luas permukaan minimal 400 cm².

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jenis katoda terhadap karakteristik anoda korban paduan *aluminum*?
2. Bagaimana pengaruh luas permukaan katoda terhadap karakteristik anoda korban paduan *aluminium*?
3. Bagaimana pengaruh jenis katoda terhadap efisiensi, dan potensial anoda?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menganalisa karakteristik anoda korban paduan *aluminum*, yaitu: efisiensi, dan potensial anoda.
2. Menganalisa pengaruh luas permukaan katoda terhadap efisiensi anoda dan potensial anoda.
3. Menganalisa pengaruh jenis katoda terhadap efisiensi dan potensial anoda.

1.4 Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah dalam penilaian ini adalah

1. Proses pencelupan untuk mengetahui efisiensi anoda mengacu pada standar DNV GL RP-B401
2. Perbandingan yang dilakukan yaitu: efisiensi anoda, dan laju korosi anoda korban hasil pengujian imersi yang mengacu pada standar DNV GL RP- B401.
3. Arus listrik stabil

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh jenis katoda dan luas permukaan katoda terhadap karakteristik anoda paduan aluminium sesuai dengan standar DNV GL RP-B401.
2. Mempelajari mekanisme proteksi katodik anoda korban dengan variasi jenis katoda dan luas permukaan katoda menggunakan standard DNV GL RP-B401

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

Korosi adalah suatu proses degradasi material yang terjadi pada suatu material, berikut adalah penjelasan korosi secara lengkap.

2.1.1 Pengertian Korosi

Korosi dapat diartikan sebagai suatu perusakan material karena bereaksi dengan lingkungannya. Reaksi dari korosi biasanya melibatkan reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia melibatkan perpindahan elektron yang merupakan hasil reaksi redoks (reduksi oksidasi). Proses oksidasi pada anoda (reaksi anodik) yang melepaskan elektron sedangkan proses reduksi pada katoda (reaksi katodik) yang mengkonsumsi elektron.

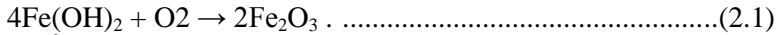
Korosi sebagai suatu reaksi elektrokimia yang memberikan dampak kerusakan fisik suatu material secara signifikan sehingga perlu perhatian untuk mencegah dan meminimalisasi kerugian yang timbul akibat efek korosi. Jumlah logam dan paduannya merupakan fungsi dari lingkungan sehingga saling mempengaruhi kedua parameter tersebut antara lain lingkungan air tawar, air laut, tanah (Chandler, 1985).

Korosi dapat terjadi apabila terdapat empat elemen di bawah ini :

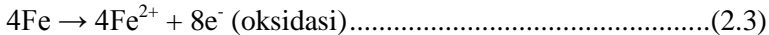
1. Anoda Terjadi reaksi oksidasi, maka daerah tersebut akan timbul korosi $M \rightarrow M^+ + e$
2. Katoda Terjadi reaksi reduksi, daerah tersebut mengkonsumsi elektron
3. Ada hubungan (*Metallic Pathaway*) Tempat arus mengalir dari katoda ke anoda
4. Larutan (*electrolyte*) Larutan korosif yang dapat mengalirkan arus listrik, mengandung ion-ion.

Agar korosi dapat terjadi, keempat elemen tersebut harus ada. Jika salah satu dari keempat elemen itu tidak ada, maka

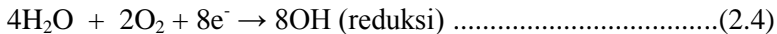
korosi tidak akan terjadi. Reaksi korosi yang akan terjadi dapat dilihat pada Persamaan 2.1, 2.2, 2.3, dan 2.4 dibawah ini :



Anoda :



Katoda:



2.1.2 Jenis-Jenis Korosi

Jenis-jenis korosi dapat dibedakan dengan mudah karena dapat dilihat secara langsung. Hampir dari semua jenis korosi dapat dibedakan menggunakan mata secara langsung namun dengan menggunakan alat bantu pembesar akan sangat membantu proses observasi dari korosi itu sendiri. Informasi yang diperlukan dari permasalahan korosi akan didapat dengan cara melakukan test pada material yang terkorosi atau material yang mengalami kegagalan. Pemeriksaan sebelum pembersihan material sangat diperlukan.

Jenis-jenis korosi dapat dibedakan menjadi 8 jenis yaitu:

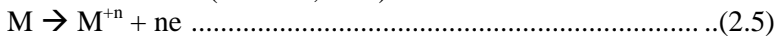
1. Korosi Universal (*Uniform Corrosion*)
2. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)
3. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)
4. Korosi Erosi (*Erosion Corrosion*)
5. *Intergranular corrosion*
6. *Selective Leaching*
7. *Hydrogen Demage*

2.2 Tahapan Terjadinya Korosi

Proses korosi bersifat elektrokimia dimana larutan berfungsi sebagai elektrolit sedangkan anoda dan katoda terbentuk karena adanya perbedaan jenis (*inhomogenitas*) pada permukaan logam atau pada 2 material yang saling berhubungan.

Proses elektrokimia mempunyai dua buah reaksi yaitu: reaksi setengah sel yang berlangsung di anoda, dan reaksi reduksi yang berlangsung di katoda. Reaksi oksidasi disebut dengan reaksi anodik, sedangkan reaksi reduksi disebut dengan katodik. Pada reaksi katodik atom logam akan membentuk ion positif atau kation. Sedangkan pada reaksi reduksi, atom akan membentuk ion negatif atau anion. Dapat dilihat dari Persamaan 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, dan 2.9 menjelaskan tentang reaksi reduksi dan reaksi oksidasi.

Reaksi oksidasi (Fontana,1986) :



Reaksi katodik (Fontana,1986) :

Evolusi hidrogen



Reduksi oksigen (pada larutan asam)



Reduksi oksigen (pada larutan netral atau basa)



Reduksi ion metal



2.3 Metode Pengendalian Korosi

Korosi merupakan suatu proses yang tidak dapat dicegah, namun laju korosi dapat di kontrol dengan berbagai metode. Berikut ini adalah metode-metode yang dapat digunakan untuk mengurangi laju korosi :

1. Pemilihan desain

Pemilihan desain dari sebuah material dilakukan karena pembentukan korosi dapat dipengaruhi oleh perubahan faktor seperti kelembaban,temperature, pH, Konsentrasi oksigen, konsentrasi, dan kecepatan elektron, seperti pada korosi galvanik, korosi celah dan korosi erosi. Langkang pemilihan desain penting untuk mencegah bentuk-bentuk korosi tersebut terbentuk. Pemilihan desain dilakukan dengan melihat berbagai potensi dari

korosi, seperti contoh pemilihan desain dengan ketebalan tertentu bergantung pada beban dan tekanan yang diterima material. Selain itu pemilihan desain sehingga memudahkan melakukan inspeksi dan pergantian komponen sehingga mudah diganti (Einar, 2003).

2. Media / lingkungan

Korosi memiliki interaksi antara logam dengan lingkungan atau media disekitarnya. Oleh karena itu perubahan lingkungan dapat perlu dilakukan, seperti menaikkan atau menurunkan suhu, kecepatan, dan kandungan oksigen untuk menurunkan laju korosi (Einar, 2003).

3. Pemilihan material

Pemilihan material atau paduan menjadi hal yang paling umum untuk digunakan dalam pencegahan korosi, yaitu pemilihan material atau paduan dalam lingkungan korosif untuk mengurangi laju korosi. Pemilihan material dilakukan berdasarkan pola tegangan dalam struktur, teknik fabrikasi, dan penyambungan yang digunakan (Einar, 2003).

4. Perlindungan anodik

Perlindungan anodik biasa diterapkan pada wilayah pasif yang terdefinisi dengan baik dan dapat digunakan pada arus rendah pasif. Perlindungan anodik terjadi pada logam yang merupakan active-passive seperti Ni, Fe, Cr, Ti, Al, dan paduannya, seperti contoh dapat digunakan pada benda seperti tangki baja untuk menyimpan asam sulfat dan aluminium yang terkena air pada temperature tinggi (Einar, 2003).

5. Perlindungan Katodik

Perlindungan katodik membutuhkan sumber arus searah dan anoda yang. Perlindungan katodik memiliki mekanisme seperti, sumber arus searah dihubungkan dengan kutub positif dan kutub negatif dihubungkan dengan struktur yang dilindungi, dengan ini arus akan

mengalir dari elektroda melalui elektrolit ke struktur sehingga dapat mengurangi laju korosi pada lingkungan air maupun tanah (Wintson, 2008).

6. Coating

Laju korosi dapat dikurangi melalui penerapan coating atau pelapisan. Terdapat tiga mekanisme utama pada proses pelapisan, seperti efek penghalang dimana kontak antara media korosif dan bahan logam di cegah, perlindungan katodik dimana bahan pelapisan bertindak sebagai anoda karbon, dan penghambat / pasif. Terdapat beberapa jenis pelapisan, yaitu *metallic coating*, *paint coating*, *chemical conversion coating* dan *miscellaneous coating* (Einar, 2003).

7. Inhibitor

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan penggunaan inhibitor korosi. Secara umum suatu inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. (Fontana, 1986).

2.4 Potensial Elektrokimia

Potensial elektrokimia digunakan untuk memprediksi kecenderungan suatu logam mengalami korosi. (Raja, 2015). Dalam reaksi elektrokimia terdapat dua reaksi yaitu : reaksi anoda (oksidasi) dan juga reaksi katoda (reduksi) yang akan menimbulkan sel voltase positif (E_{cell}).

$$E_{cell} = E_{cathodic} - E_{anodic} \dots\dots\dots (2.10)$$

Persamaan 2.10 menjelaskan tentang beda potensial dari dua material yang berbeda. Contohnya ketika ada logam Cu dan Zn pada suatu larutan asam. Dari standar potensial elektrokimia Zn memiliki nilai potensial yang lebih negatif dibandingkan logam Cu, hal ini membuat Zn mengalami reaksi anoda

(oksidasi). Sehingga yang akan mengalami korosi adalah logam Zn dan Cu tidak akan mengalami korosi.

$\text{Au}^{3+} + 3e^- = \text{Au}$	+1.498
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- = 2\text{H}_2\text{O}$	+1.229
$\text{Pt}^{2+} + 2e^- = \text{Pt}$	+1.20
$\text{Pd}^{2+} + 2e^- = \text{Pd}$	+0.987
$\text{Ag}^+ + e^- = \text{Ag}$	+0.800
$\text{Hg}^{2+} + 2e^- = \text{Hg}$	+0.854
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- = 2\text{Hg}$	+0.789
$\text{Fe}^{3+} + e^- = \text{Fe}^{2+}$	+0.771
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- = 4\text{OH}^-$	+0.401
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- = \text{Cu}$	+0.337
$2\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_2$	0.000 (Reference)
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- = \text{Pb}$	-0.126
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- = \text{Sn}$	-0.136
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- = \text{Ni}$	-0.250
$\text{Co}^{2+} + 2e^- = \text{Co}$	-0.277
$\text{Tl}^+ + e^- = \text{Tl}$	-0.336
$\text{In}^{3+} + 3e^- = \text{In}$	-0.342
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- = \text{Cd}$	-0.403
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- = \text{Fe}$	-0.440
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- = \text{Cr}$	-0.744
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- = \text{Zn}$	-0.763
$\text{Al}^{3+} + 3e^- = \text{Al}$	-1.662
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- = \text{Mg}$	-2.363
$\text{Na}^+ + e^- = \text{Na}$	-2.714
$\text{K}^+ + e^- = \text{K}$	-2.925

Gambar 2.1 Deret Potensial Elektrode (Raja, 2015)

Pada Gambar 2.1 menunjukkan bahwa setiap material memiliki potensial yang berbeda-beda. Semakin kecil nilai suatu material maka logam akan semakin reaktif (mudah melepaskan elektron) begitu juga sebaliknya.

2.5 Potensial Proteksi

Kriteria potensial proteksi katodik -850 mV atau disebut juga *on* potensial sudah menjadi perdebatan bertahun – tahun antara para engineer dan industriawan di bidang korosi. Kriteria ini terus berubah hingga akhirnya NACE mengeluarkan Standard Practice NACE SP 0169 pada tahun 2007 yang mengakomodir 3 nilai kriteria potensial proteksi katodik. Nilai kriteria potensial proteksi katodik “*on Potential*” -850 mV diperkenalkan oleh Robert J. Kuhn pada sebuah paper tahun 1933 berdasarkan pengalamannya melakukan sebuah rangkaian instalasi proteksi katodik untuk pipa air di New Orleans Amerika Serikat pada tahun 1920. Judul paper tersebut adalah “Cathodic Protection of Underground Pipe Lines from Soil Corrosion”. Nilai -850 mV untuk pipa air didaerah new Orleans masuk akal melihat kondisi air tanah yang berlimpah oleh karena itu potensial proteksi pada setiap tempat memiliki perbedaan yang signifikan. Penelitian mengenai potensial proteksi juga dilakukan oleh Pourbaix pada tahun 1974 dalam jurnalnya yang berjudul “Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions” Penelitian beliau mengenai korelasi antara pH dan nilai potensial proteksi. Berdasarkan persamaan Nerst, Pourbaix membuat grafik mengenai hubungan antara pH dan potensial proteksi katodik. (Zaki,2006)

2.6. Proteksi Katodik

Proteksi katodik merupakan salah satu pengendalian korosi struktur baja pada lingkungan elektrolit dengan cara memperlakukan struktur logam sebagai katoda. Metode ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik searah melalui eletrolit menuju logam sehingga potensial antar larutan elektrolit dan logam menuju kondisi immunnya atau sampai nilai tertentu

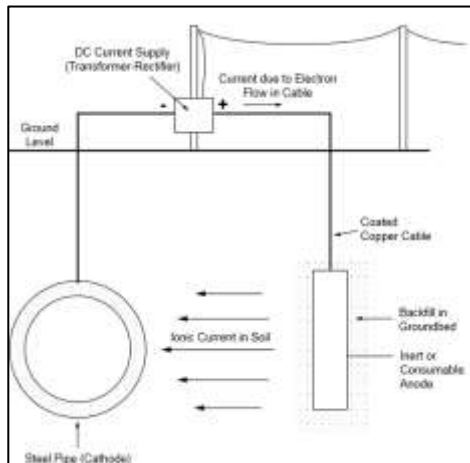
dimana laju korosi masih diperbolehkan/minimum. Sistem proteksi katodik ini biasanya diaplikasikan pada baja, jalur pipa, tangki, tiang pancang, kapal, anjungan lepas, dan casing (selubung) sumur minyak di darat. Sumber arus listrik searah didapatkan dengan dua cara yaitu: arus luar yang didapatkan dari luar (eksternal) disebut dengan metoda arus paksa (*impressed current*), dan cara kedua arus listrik searah diperoleh dengan cara reaksi galvanik disebut dengan metoda anoda tumbal (*sacrificial anode*).

Proteksi katodik digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam. Proses yang dilakukan biasanya berupa reaksi elektrokimia dimana logam yang dilindungi akan bertindak sebagai katoda. Arus mengalir berasal dari anoda melalui sel elektrolit menuju ke katoda. Sehingga kemampuan proteksi terhadap katoda dapat dicapai dengan mengalirkan arus listrik tersebut. (Peabody,2001)

2.6.1 Proteksi Katodik Arus Paksa

Berbeda dengan sistem anoda korban, sumber arus pada sistem arus tanding berasal dari luar, biasanya berasal dari DC dan AC yang dilengkapi dengan penyearah arus (*rectifier*), dimana kutub negatif dihubungkan ke struktur yang dilindungi dan kutub positif dihubungkan ke anoda. Arus mengalir dari anoda melalui elektrolit ke permukaan struktur, kemudian mengalir sepanjang struktur dan kembali ke *rectifier* melalui konduktor listrik. Karena struktur menerima arus dari elektrolit, maka struktur menjadi terproteksi. Keluaran (*output*) arus *rectifier* diatur untuk mengalirkan arus yang cukup sehingga dapat mencegah arus korosi yang akan meninggalkan daerah anoda pada struktur yang dilindungi. Dengan keluaran arus dari anoda ini maka anoda tersebut terkonsumsi. Untuk itu maka

sebaiknya menggunakan bahan yang laju konsumsinya lebih rendah dari magnesium, zinc dan alumunium yang biasa dipakai untuk sistem tersebut, umumnya digunakan paduan kombinasi bahan yang khusus. Sistem arus tanding digunakan untuk melindungi struktur yang besar atau yang membutuhkan arus proteksi yang lebih besar dan dipandang kurang ekonomis jika menggunakan anoda korban. Sistem ini dapat dipakai untuk melindungi struktur baik yang tidak dilapisi, kondisi *coating* yang kurang baik maupun yang kondisi *coating* yang baik. Kelebihan sistem arus tanding adalah dapat didesain untuk aplikasi dengan tingkat fleksibilitas yang tinggi karena mempunyai rentang kapasitas output arus yang luas. Artinya kebutuhan arus dapat diatur baik secara manual maupun secara otomatis dengan merubah tegangan *output* sesuai dengan kebutuhan. Kelebihan lain dari sistem ini, dengan hanya memasang sistem di salah satu tempat dapat memproteksi struktur yang cukup besar. Proteksi katodik arus paksa sering digunakan dalam industri lingkup besar dikarena dalam metode ini bisa dikontrol dengan cangkupan yang sangat luas dan dibandingkan dengan metode anoda korban relatif lebih murah baik dari preparasi, aplikasi, maupun penerapan dalam cangkupan yang besar.

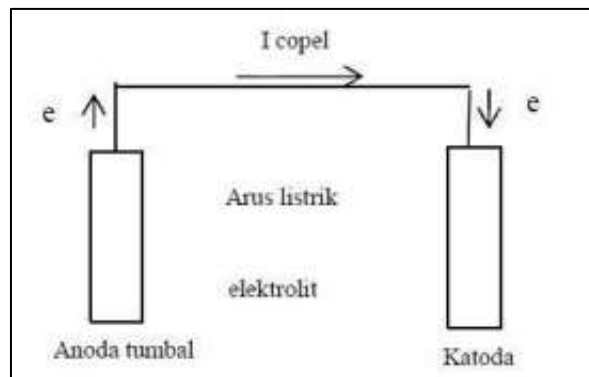


Gambar 2.2 Rangkaian ICCP (Pierre, 1999).

Pada Gambar 2.2 merupakan rangkaian proteksi katoda arus paksa dimana terdapat katoda yang diproteksi, anoda inert, dan juga *power supply* yang bertugas mensuplai arus. Kekurangan dari sistem ini yaitu memerlukan perawatan yang lebih banyak dibanding sistem anoda korban sehingga biaya operasional akan bertambah. Sistem ini juga mempunyai ketergantungan terhadap kehandalan pemasok energi (*rectifier*) sehingga kerusakan pada sistem ini akan berakibat fatal terhadap kinerja sistem proteksi. Kekurangan yang lain sistem arus tanding adalah cenderung lebih mahal karena peralatan dan bahan yang digunakan lebih banyak. Di samping itu ada kemungkinan dapat menimbulkan masalah efek interferensi arus terhadap struktur di sekitarnya. (Peabody,2001)

2.6.2 Proteksi Katodik Anoda Korban (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*)

Sistem proteksi ini juga dikenal dengan *galvanic anode*, dimana cara kerja dan sumber arus didapatkan dari rekasi anoda itu sendiri. Prinsip dari anoda korban yaitu dengan cara menciptakan sel elektrokimia galvanic dimana dua logam yang berbeda ditempelkan secara elektris dan ditanam dalam media elektrolit alam (tanah atau air). Energi listrik yang terbentuk terjadi karena adanya beda potensial yang dimiliki oleh logam. Logam yang lebih tinggi dalam seri elektromotive-Emf series (lebih aktif) akan menjadi anodik terhadap logam yang kurang aktif dan terkonsumsi selama reaksi elektrokimia. Logam yang kurang aktif menerima proteksi katodik pada permukaannya karena adanya aliran arus melalui elektrolit dari logam yang anodik.



Gambar 2.3 Rangkaian SACP (Pierre, 1999)

Gambar 2.3 menjelaskan tentang sistem anoda korban. Sistem anoda korban secara umum digunakan untuk melindungi struktur dimana kebutuhan arus proteksinya kecil dan resistivitas

tanah rendah. Di samping itu sistem ini juga digunakan untuk keperluan dan kondisi yang lebih spesifik seperti:

1. Untuk memproteksi struktur dimana sumber listrik tidak tersedia.
2. Memproteksi struktur yang kebutuhan arusnya relatif kecil, yang jika ditinjau dari segi ekonomi akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan sistem arus tanding.
3. Memproteksi pada daerah hot spot yang tidak dicoating, misalnya pada daerah dimana ada indikasi aktifitas korosi yang cukup tinggi.
4. Untuk mensuplemen sistem arus tanding, jika dipandang arus proteksi yang ada kurang memadai. Ini biasanya terjadi pada daerah yang resistivitas tanahnya rendah seperti daerah rawa.
5. Untuk mengurangi efek interferensi yang disebabkan oleh sistem arus tanding atau sumber arus searah lainnya.
6. Untuk memproteksi pipa yang dicoating dengan baik, sehingga kebutuhan arus proteksi relatif kecil.
7. Untuk memproteksi pipa bawah laut, yang biasanya menggunakan bracelet anode dengan cara ditempelkan pada pipa yang di coating.

Ada beberapa keuntungan yang diperoleh jika menggunakan SACP yaitu :

1. Tidak memerlukan arus tambahan dari luar, karena arus proteksi berasal dari anodanya itu sendiri.
2. Pemasangan dilapangan relatif lebih sederhana.
3. Perawatannya mudah.

4. Ditinjau dari segi biaya, sistem ini lebih murah dibanding sistem arus tanding.
5. Kemungkinan menimbulkan efek interferensi kecil.
6. Kebutuhan material untuk sistem anoda korban relatif sedikit yaitu anoda, kabel dan test box.

Kelemahan proteksi katodik dengan anoda korban dibandingkan dengan sistem arus tanding adalah driving voltage dari sistem ini relatif rendah karena arus proteksi hanya terjadi dari reaksi galvanis material itu sendiri sehingga sistem ini hanya dapat digunakan untuk memproteksi struktur yang arus proteksinya relatif kecil dan resistivitas lingkungan rendah. Karena kondisi yang demikian itu, sistem ini akan menjadi kurang ekonomis jika dipakai untuk keperluan memproteksi struktur yang relatif besar. Kemampuan untuk mengontrol variabel efek arus sesat terhadap struktur yang diproteksi relatif kecil. (Peabody,2001)

2.7 Anoda

Anoda adalah elektrode negatif, bisa berupa logam maupun penghantar listrik lain, pada sel elektrokimia yang terpolarisasi jika arus listrik mengalir ke dalamnya. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron. Pada proses elektrokimia, baik sel galvanik (baterai) lithium ion maupun sel elektrolisis, anode mengalami oksidasi. Pada sistem arus paksa disamping anoda sebagai sumber elektron juga dibutuhkan sumber arus seperti rectifier yang dihubungkan dengan anoda.

Pada metode arus paksa, anoda tidak dipilih dari logam dengan potensial elektrode lebih negatif dari logam yang dilindungi, tetapi justru dipilih dari logam mulia. Meskipun

potensial elektrode anoda tersebut lebih besar daripada pipa baja, elektron tetap mengalir dari anoda menuju pipa karena dipaksa oleh arus searah (DC) yang diperoleh dari transformator rectifier. Dengan demikian suatu struktur yang memiliki luasan besar dapat dilindungi oleh sebuah anoda tunggal dan karena tegangan dorong yang dimiliki tinggi, anoda dapat ditempatkan jauh dari struktur Anoda untuk metode arus paksa umumnya diklasifikasikan ke dalam tiga tipe:

1. Anoda tipe aktif (terkonsumsi cepat) : besi atau baja.
2. Anoda semi-pasif (semi-terkonsumsi) : grafit, timbal, besi silikon
3. Anoda pasif sempurna (tidak terkonsumsi) : terbuat dari platina

Tabel 2.1 Anoda Korban (Supomo,1995)

Material Anoda	Media	Typical Loss (Lb/A.Y)
Scrap Steel	Tanah, air tawa/laut	20
Alumunium	Tanah, air tawa/laut	10-12
Grafit	Tanah, air tawa/laut	0.25-5.0
High Silicon Iron dan Si-Cr Iron	Tanah, air tawa/laut	0.25-5.0
Timah	Air Laut	0.1-0.25
Platinum dan Titanium.	Air Laut	Kosong

2.7.1 Anoda Korban Alumunium

Anoda Korban dengan material alumunium memiliki sifat yang lebih ekonomis dibandingkan dengan anoda korban dari material magnesium (Mg) dan juga seng (Zn) dalam melindungi struktur baja dengan media air laut seperti platform, wharf, floating dock, floating pier, buoy, dan lain-lain dari serangan korosi. (Jinglei, 1987)

Beberapa kelebihan dari anoda korban alumunium (Al) adalah:

1. Berat Jenis Rendah
2. Kapasitas Arus Tinggi.

2.7.2 Karakteristik Anoda Korban Alumunium

Paduan alumunium yang akan digunakan sebagai anoda korban harus memiliki kemampuan untuk mempolarisasi potensial logam yang akan dilindungi pada suatu nilai dimana laju korosinya menjadi sangat dalam jangka waktu tertentu.

Kapasistas arus anoda meruapakan jumlah arus keluaran yang dihasilkan dalam jangka waktu tertentu per berat anoda. Satuan yang sering digunakan untuk kapasitas anoda tersebut adalah amper-jam per kilogram ($A.hr/Kg$). kapasitas anoda secara teoritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Faraday dapat dilihat pada Persamaan 2.11 berikut:

$$m = [BA.I.t] / [96500.n] \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

- m = berat anoda (gram)
- BA = berat atom
- I = arus keluaran (ampere)
- t = waktu (detik)
- n = jumlah electron

Dari persamaan diatas akan didapatkan persamaan untuk kapasistas arus anoda secara teoritis seperti pada Persamaan 2.12 berikut:

$$\text{Kapasistas arus anoda} = [A.hr/Kg] = [I.t/W] \dots \dots \dots (2.12)$$

Untuk perhitungan kapasitas arus anoda secara kenyataan dapat digunakan formula yang sesuai dengan standar NACE seperti pada Persamaan 2.13 yaitu:

$$\text{Kapasitas arus anoda } [A.hr/Kg] = [C / W] \times 1000 \dots (2.13)$$

$$[A.hr/Pound] = [C/W] \times 453.6$$

Dimana :

$$C = 0,8433 W_{Cu}$$

C = total muatan selama pengujian

W = kehilangan berat dari anoda (gram)

W_{Cu} = selisih berat kawat katoda pada *coulometer* (gram)

Adapula laju korosi anoda adalah jumlah massa anoda yang terkonsumsi selama satu tahun yang disebabkan adanya arus yang mengalir dari anoda ke katoda sebesar 1 A. laju konsumsi anoda dinyatakan dalam satuan (kg/A.th) dengan persamaan 2.14 dan 2.15:

$$\text{Laju konsumsi anoda} = [W.8760 / LT] \dots \dots \dots (2.14)$$

$$[9760 / \text{kapasitas anoda}] \text{ (kg/A.th)} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

W = kehilangan berat anoda (kg)

I = arus keluaran anoda (amper)

T = waktu (jam)

Selain itu anoda juga mempunyai nilai efisiensi anoda yang diperoleh dengan membandingkan kapasitas sebenarnya dengan kapasitas teoritis dan dikalikan dengan prosentase. Nilai efisiensi ini menunjukkan kelayakan suatu material sebagai anoda korban. Efisiensi anoda dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$\text{Efisiensi} = [\text{Kapasitas sebenarnya} / \text{Teoritis}] \times 100\% . \dots\dots\dots (2.16)$$

Anoda juga memiliki nilai potensial. Semakin negative nilai potensial anoda maka arus keluaran anoda menjadi semakin besar dan semakin cepat pula laju konsumsi anoda yang bersangkutan. Potensial anoda terdiri dari 2 macam yaitu :

1. *Open Circuit Potential (OCP)*

Yaitu potensial anoda pada lingkungannya sebelum dihubungkan dengan struktur baja yang akan dilindungi. Harga potensial ini perlu diketahui karena akan mempengaruhi Driving Potential awal anoda yang dibutuhkan dalam proses perancangan sistem proteksi katodik anode korban.

2. *Closed Circuit Potential (CCP)*

Yaitu nilai potensial anoda korban setelah dihubungkan dengan struktur yang akan dilindungi (katoda). Potensial ini merupakan parameter penting untuk melihat apakah anoda korban dapat memenuhi fungsinya melindungi struktur baja dalam lingkungan elektrolit tertentu.

3. Arus keluaran yang dihasilkan dari anoda disebabkan karena adanya perbedaan potensial antara anoda dan katoda pada potensial yang dibagi dengan besarnya tahanan anoda dalam suatu elektrolit. Persamaan 2.17 menjelaskan tentang cara mengetahui arus keluaran

$$I = (E_a - E_k) / R \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

I = Arus keluaran (amper)

E_a = potensial Anoda (volt)

E_k = potensial katoda (volt)

R = tahanan anoda dalam elektrolit (ohm)

Tahanan anoda terhadap elektrolit merupakan salah satu parameter yang harus diketahui untuk mendapatkan arus keluaran dari anoda. Tahanan anoda dipengaruhi oleh resistivitas elektrolit, bentuk geometri anoda, dan arah pemasangannya. Resistansi anoda dapat diketahui dari beberapa formula, seperti yang tertera pada persamaan 2.18, 2.19, dan 2.20:

Long Slender Stand-off ($L \geq 4r$)

$$R_a = \left[\rho / 2\pi L \right] \times \left[\ln(4L/r) - 1 \right] \dots\dots\dots (2.18)$$

Long Flush-mounted ($L \geq 4 \times \text{width and thickness}$)

$$R_a = \rho / [2 \times S] \dots\dots\dots (2.19)$$

Shorth flush-mounted, bracelet, and the other flush-mounted shapes

$$R_a = \left[0,325 \times \rho \right] / (A)^{1/2} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana:

P = *Environmental* resistivitas (ohm.m)

L = panjang anoda (m)

r = jari-jari anoda (m)

S = Panjang dan lebar rata-rata dari anoda korban (m)

A = luas penampang (m²)

2.8 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Anoda Logam Aluminium

Faktor utama yang mempengaruhi karakteristik dan kinerja anoda korban adalah komposisi anoda korban itu sendiri. Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk membahas tentang pengaruh unsur pepadu terhadap karakteristik anoda. Setiap unsur pepadu yang ditambahkan kedalam anoda korban akan mempengaruhi karakteristik anoda korban tersebut.

Penambahan unsur timah (Sn), indium (In), gallium (Ga) akan menyebabkan penurunan potensial kearah negative sebesar 0,3-0,9 volt. Untuk penambahan material seng (Zn), cadmium (Cd), barium (Ba), dan magnesium (Mg) akan menyebabkan penurunan potensial kearah negatif sebesar 0,1-0,3 volt (Hine,1993)

2.8.1 Pengaruh unsur Seng (Zn)

Penambahan unsur seng (Zn) pada anoda korban aluminium akan menyebabkan penurunan potensial sebesar 0,1-0,3 volt. Penambahan 0,03%-15% yang disertai timah (Sn) sejumlah 0,04%-0,15% akan mencegah terbentuknya lapisan pasif pada anoda korban, sehingga akan meningkatkan efisiensi galvanik anoda. (Ferdin, 1993)

Unsur seng juga berpengaruh terhadap penampakan pola korosi anoda alumunium. Penambahan padu seng kedalam paduan Al-Zn-In akan menghasilkan pola korosi yang merata pada seluruh permukaan yang akan memberikan rapat keluaran arus yang tinggi.

2.8.2 Pengaruh Unsur Indium (In)

Unsur padu indium (In) yang ditambah ke= logam alumunium akan menyebabkan potensial alumunium menjadi lebih negatif 0,3-0,9 volt (Hine,1993). Indium dalam larutan padat akan berfungsi mengaktifkan alumunium (May, 1987). Penambahan unsur indium juga berfungsi untuk mencegah pembentukan lapisan pasif, serta menyebabkan pola korosi yang lebih merata diandingkan tanpa indium pada permukaan anoda tanpa mengurangi efisiensinya. Penambahan unsur indium juga menyebabkan potensial anod alumunium tanpa unsur padu indium. Akan tetapi penambahan indium menyebabkan peningkatan efisiensi yang kecil.

Paduan alumunium tanpa indium seperti Al-Zn dengan komposisi 0.5% mempunyai pola korosi Pitting. Bentuk Pitting tersebut dipengaruhi prosentasi Zn dalam paduan tersebut. Al-Zn memiliki pola korosi pitting berbentuk *Crystallographic* menyerupai bentuk pitting pada Al murni.

Paduan lain seperti Al-3Zn memiliki prosentasi yang lebih tinggi daripada Al-1Zn memiliki pola korosi pittingirregular dan tunnel. (Sialowska, 1986)

2.8.3 Pengaruh unsur Silikon (Si)

Unsur silikon (Si) didalam anoda korban paduan alumunium merupakan pengotor yang menurunkan karakteristik

anoda korban. Unsur-unsur pengotor ini biasanya diperoleh dari bahan baku alumunium atau dari unsur paduannya.

Pengaruh unsur pengotor Si berbeda dengan unsur pengotor lainnya didalam anoda korban alumunium. unsur pengotor biasanya justru ditambahkan ke anoda korban paduan alumunium. Penambahan sebanyak 0,0041%-0,212% Si akan menghasilkan paduan dengan efisiensi tinggi (92%) (Hine, 1993) dan sedikit menurunkan kadar anoda. Tetapi penambahan Si ini akan mengakibatkan pola koroii yang tidak teratur (*irregular*) dan waktu yang diperlukan untuk mencapai potensial stabil bertambah lama.

2.8.4 Pengaruh Unsur Fe dan Cu.

Prosentasi unsur pengotor Fe dan Cu yang berlebihan didalam anoda korban paduan alumunium akan sangat mempengaruhi karakteristik anoda korban. Pengaruh unsur pengotor Fe dan Cu sampai prosentase tertentu akan menguntungkan karena akan meningkatkan efisiensi galvanik (Ferdy, 1993)

Sejumlah kecil kadar Cu didalam anoda korban alumunium akan mengakibatkan pola korosi yang kurang menguntungkan, yaitu pitting dan produk korosi mempunyai sifat adhesi yang kuat sehingga sulit terlepas dari permukaan anoda. Selain itu kadar Cu yang tinggi juga akan menyebabkan potensial anoda lebih positif (katodik) dibandingkan kadar unsur pengotor Cu yang lebih kecil.

2.9 DNV•GL (*Det Norske Veritas*)•(*Germanischer Lloyd*)

DNV•GL adalah lembaga klasifikasi terbesar yang menyediakan layanan untuk 13.175 kapal dan unit lepas pantai (MOU) sebesar 265,4 mill gt yang mewakili pasar global sebesar

21%. Setiap tahun, DNV GL banyak berinvestasi dalam R&D yang berjumlah 5% dari pendapatannya. Sejak 1864, DNV GL selalu mempertahankan departemen yang didedikasikan untuk penelitian yang meningkatkan dan mengembangkan layanan, aturan, dan standar untuk dunia industri. Banyak inovasi dari DNV GL yang digunakan sbagai acuan untuk standar Internasional. DNV GL dibagi menjadi 5 area bisnis yaitu *Maritime, Oil and gas, Energy, business Assurance, dan Digital Solution*.

Berikut merupakan beberapa contoh standar yang ada pada DNV GL *Oil and gas*:

Tabel 2.2 Jenis-jenis DNV GL (DNV GL, 2017)

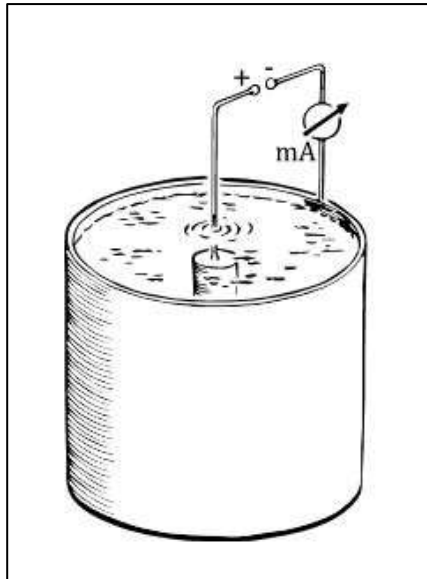
NAMA	Keterangan
DNV GL-RP-F401	Desain dan operasi pipa karbon dioksida
DNV GL-RP-E304	Penilaian tali serat untuk pembatas laut lepas
DNV GL-RP-F101	Pipa berkarat
DNV GL-RP-F103	Proteksi katoda untuk pipa bawah laut
DNV GL-RP-B401	Desain proteksi katodik

Pada Tabel 2.2 menjelaskan tentang jenis-jenis standar dari DNV GL dan juga kegunaan dari standar itu sendiri.

2.9.1 DNV GL-RP-B401

Standar ini digunakan untuk desain proteksi katodik. Proteksi katodik biasanya digunakan pada baja, dan baja paduan

rendah. Proteksi katodik digunakan untuk melindungi baja dari korosi. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proteksi katodik seperti temperatur, salinitas, pH dari elektrolit, pertumbuhan bakteri, dll.



Gambar 2.4 Rangkaian Percobaan Berdasarkan Standar DNV GL-RP-B401 (DNV GL, 2017)

Gambar 2.4 merupakan rangkaian standar pada DNV GL RP B401. Dimana luas permukaan minimal 400 cm^2 . Arus harus disesuaikan agar menghasilkan densitas anoda berdasarkan luas permukaan yang terbuka. Densitas arus pada hari pertama sebesar $1,5 \text{ mA/cm}^2$, hari kedua $0,4 \text{ mA/cm}^2$, hari ketiga $4,0 \text{ mA/cm}^2$, dan hari keempat sebesar $1,5 \text{ mA/cm}^2$. Pada akhir pengujian, potensial anoda diukur pada 3 posisi pertitik.

Specimen tidak boleh dibersihkan dari produk korosi sebelum pengukuran dilakukan. Setelah pengujian selesai specimen dibersihkan dari produk korosi, anoda aluminium dibersihkan dengan larutan yang mengandung 20 gr chromium trioxide dan 30 ml phosphoric acid per satu liter selama satu menit pada temperatur 80°C. sampel dicuci dengan air dilanjutkan dengan alkohol. Setelah itu sampel ditimbang sampai ketelitian 0,1 mg.

2.10 Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam, banyak digunakan untuk peralatan pertanian misalnya sabit dan cangkul. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah titanium, krom (*chromium*), nikel, vanadium, cobalt dan tungsten (*wolfram*). Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*).

Menurut komposisi kimianya baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

1. Baja Karbon Rendah (*low carbon steel*) Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30% dan struktur mikronya terdiri dari ferit dan perlit. Metode penguatannya dengan *Cold Working*. Baja jenis ini memiliki sifat lunak, ulet dan tangguh. Selain itu sifat

-
- mampu mesin (*machinability*) dan mampu las (*weldability*) yang baik.
2. Baja Karbon Menengah (*medium carbon steel*) Baja karbon menengah memiliki kandungan karbon antara 0,30% - 0,6%. Pada baja ini dapat dinaikkan sifat mekaniknya melalui perlakuan panas austenitizing, quenching, dan tempering. Baja ini banyak dipakai dalam kondisi hasil tempering sehingga struktur mikronya martensit dan memiliki sifat lebih kuat dari baja karbon rendah.
 3. Baja Karbon Tinggi (*high carbon steel*) Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,6% - 1,4%. Baja ini adalah paling keras, paling kuat, paling getas di antara baja karbon lainnya serta tahan aus. Banyak dipakai dalam kondisi hasil tempering sehingga struktur mikronya martensit, pada baja dapat dinaikkan sifat mekaniknya melalui perlakuan panas austenitizing, quenching, dan tempering.

2.10.1 Pengaruh Unsur Paduan pada Baja

Pengaruh unsur-unsur paduan dalam baja adalah sebagai berikut (Mulyadi, 2010).

1. Silisium (Si), terkandung dalam jumlah kecil di dalam semua bahan besi dan dibubuhkan dalam jumlah yang lebih besar pada jenis-jenis istimewa. Meningkatkan kekuatan, kekerasan, kekenyalan, ketahanan aus, ketahanan terhadap panas dan karat, dan ketahanan terhadap keras. Tetapi menurunkan regangan, kemampuan untuk dapat ditempa dan dilas.
 2. Mangan (Mn), meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan untuk dapat ditemper menyeluruh, ketahanan aus, penguatan pada pembentukan dingin, tetapi menurunkan kemampuan serpih.
 3. Nikel (Ni), meningkatkan keuletan, kekuatan, pengerasan menyeluruh, ketahanan karat, tahanan listrik (kawat)
-

- pemanas), tetapi menurunkan kecepatan pendinginan regangan panas.
4. Krom (Cr), meningkatkan kekerasan, kekuatan, batas rentang ketahanan aus, kemampuan diperkeras, kemampuan untuk dapat ditemper menyeluruh, ketahanan panas, kerak, karat dan asam, pemudahan pemolesan, tetapi menurunkan regangan (dalam tingkat kecil).
 5. Molibdenum (Mo), meningkatkan kekuatan tarik, batas rentang, kemampuan untuk dapat ditemper menyeluruh, batas rentang panas, ketahanan panas dan batas kelelahan, suhu pijar pada perlakuan panas, tetapi menurunkan regangan, kerapuhan pelunakan.
 6. Kobalt (Co), meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan karat dan panas, daya hantar listrik dan kejenuhan magnetis.
 7. Vanadium (V), meningkatkan kekuatan, batas rentang, kekuatan panas, dan ketahanan lelah, suhu pijar pada perlakuan panas, tetapi menurunkan kepekaan terhadap sengatan panas yang melewati batas pada perlakuan panas.
 8. Wolfram (W), meningkatkan kekerasan, kekuatan, batas rentang, kekuatan panas, ketahanan terhadap normalisasi dan daya sayat, tetapi menurunkan regangan.

2.10.2 Baja API 5L

Pipa memiliki istilah yaitu benda silinder berlubang yang di gunakan untuk memindahkan zat hasil pemrosesan seperti cairan, gas, uap, zat padat yang di cairkan maupun serbuk. Material yang menggunakan pipa sangat banyak, seperti : beton, cor, gelas, timbal, kuningan, tembaga, besi tulang, dan baja karbon. Pemilihan pipa digunakan tergantung setiap aplikasinya, karena setiap material memiliki keterbatasan dalam setiap aplikasinya. Material yang paling sering digunakan adalah pipa

baja karbon. Pipa baja karbon khususnya pipa baja karbon rendah digunakan sebagai jaringan transportasi minyak dan gas bumi termasuk pipa API 5L grade B (Kolawole, 2018). Pipa API 5L grade B adalah suatu produk standard API (*American Petroleum Institute*) dengan spesifikasi 5L yang memiliki kekuatan tarik minimum (*yieldstrength*) sebesar 448 MPa atau sama dengan 65000 psi. Pipa ini merupakan jenis baja karbon rendah dengan kandungan karbon maksimum 0,28%. (Al-Saif, 2002)



Gambar 2.5 Baja API 5L Grade B

Gambar 2.5 adalah pipa API 5L Grade B. Pipa API 5L grade B termasuk jenis pipa tanpa las (*seamless pipe*) dan jenis pipa las (*welded pipe*). *Seamless pipe* atau yang disebut pipa tanpa las dibuat dengan cara menusuk batang baja yang mendekati suhu cair (*billet*) dengan menggunakan sebuah mandrel yang mana pipa ini tidak memiliki sambungan. Sedangkan *welded pipe* dibedakan menjadi dua macam yaitu *butt-welded pipe* dan *spiral-welded pipe*. *Butt-welded pipe* dibuat dengan cara memasukkan pelat baja panas melalui pembentuk (*shapers, shape rollers*) yang akan meroll menjadi bentuk

batangan pipa yang berlubang. Penekanan yang sangat kuat pada kedua sisi pelat akan menghasilkan sambungan las. Sedangkan untuk *Spiral-Welded pipe* dibuat dengan cara memutar strip logam menjadi bentuk spiral, kemudian di las, dimana ujung-ujung sambungan satu sama lain membentuk sambungan.

Pipa API 5L grade B memiliki komposisi yang berbeda dengan jenis Pipa API 5L lainnya, hal ini di pengaruhi oleh komposisi kimia dari baja dan juga sifat mekanisnya.berikut adalah spesifikasi Pipa API 5L :

Tabel 2.3 Komposisi kimia baja API 5L grade B (API 5L, 2000)

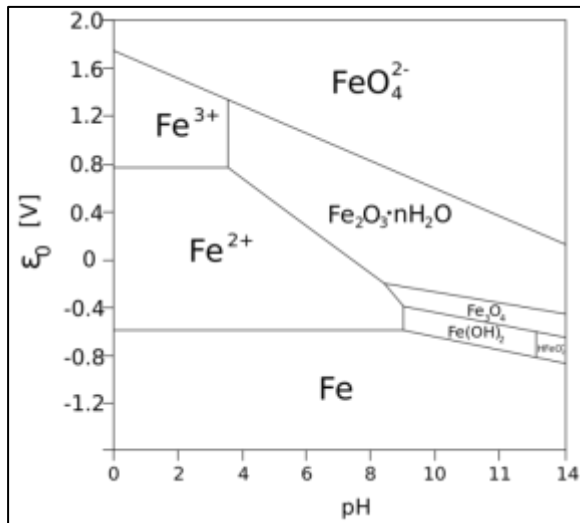
Elemen	C	Mn	P	S	Ti
Kadar (%)	0.22	1.2	0.025	0.015	0.04

Pemilihan jenis dan spesifikasi material memiliki tujuan menentukan sifat material yang sesuai dengan ketentuan dan keperluan saat digunakan. Selain itu kemampuan bahan dipilih agar tahan terhadap korosi, erosi atau kombinasi keduanya. (API 5L, 2000).

2.11 Diagram Pourbaix

Diagram pourbaix biasa disebut juga dengan Potensial pH Diagram. Diagram ini mewakili sebagai kestabilan logam fungsi potensial dan pH. Diagram ini disusun berdasarkan kesetimbangan termodinamika antara logam dengan air dan dapat menunjukkan kestabilan dari beberapa fasa secara termodinamika. Diagram Pourbaix memperkenalkan konsep tiga keadaan logam berikut, tergantung pada potensi dalam medium agresif yang diberikan dan penentuan perilaku korosinya: korosi (keadaan aktif), kepasifan (membentuk lapisan pasif) menghambat proses korosi pada permukaan logam, termasuk logam aktif termodinamik) dan kekebalan (stabilitas

termodinamika) dari logam. Lebih lanjut, akan ditunjukkan bahwa ketiga kondisi logam ini dalam media agresif nilai khusus ketika aksi korosi oleh arus eksternal pada logam adalah dipertimbangkan dan kapan metode dan sarana perlindungan dari elektrokorosi dipertimbangkan dikembangkan.



Gambar 2.6 Diagram Pourbaix (Jing Ning, 2014)

Gambar 2.6 menjelaskan tentang diagram Pourbaix. Dimana pada diagram tersebut dapat diketahui bahwa material dapat berada didalam tiga kondisi, terkorosi, lapisan pasif ataupun terproteksi.

2.12 Korosi pada Air Laut

Salah satu penyebab korosi yaitu karena media yang ada disekitar benda tersebut. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi korosi dengan media air laut, yaitu:

2.12.1 Salinitas

Pada lautan yang besar, (seperti Atlantic dan Pasific) memiliki salinitas antara 32 sampai 37,5 gram garam terlarut per liter. Pada umumnya korosi pada air laut disebabkan adanya ion Klorida (Cl^-), yaitu sekitar 19 gram/liter ion klorida pada Natrium Klorida dan Magnesium klorida (Vargel, 2004). Ion Klorida sendiri cenderung meyebabkan pecah lapisan pasif pada logam seperti pada baja tahan karat dan aluminium. Cara kerja ion klorida ini adalah ion Cl^- melakukan penetrasi melalui lapisan film pasif, kemudian *pitting* akan terbentuk pada daerah anodik, sehingga korosi berlangsung dengan sendirinya atau disebut *autokatalitik* (L. Laque, 1975).

Tabel 2.4 Kandungan Garam Dalam Laut (Vargel, 2004)

Species	Concentration ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	$\text{meq}\cdot\text{l}^{-1}$
Chlorides (Cl^-)	19.353	545.15
Sulphates (SO_4^{2-})	2.712	28
Bicarbonates (HCO_3^-)	0.142	2
Bromides (Br^-)	0.067	
Sodium (Na^+)	10.760	468
Magnesium (Mg^{2+})	1.294	11.3
Calcium (Ca^{2+})	0.413	21
Potassium (K^+)	0.387	

Pada Tabel 2.4 dapat dilihat bahwa air muara cenderung mengalami korosi lebih cepat dari pada tengah laut. Hal ini disebabkan tidak mengendapnya kalsium dan magnesium

karbonat pada air muara dan aktivitas biologis yang melambat dan limbah industri yang membuat (Vargel,2004).

2.12.2 Kandungan Oksigen

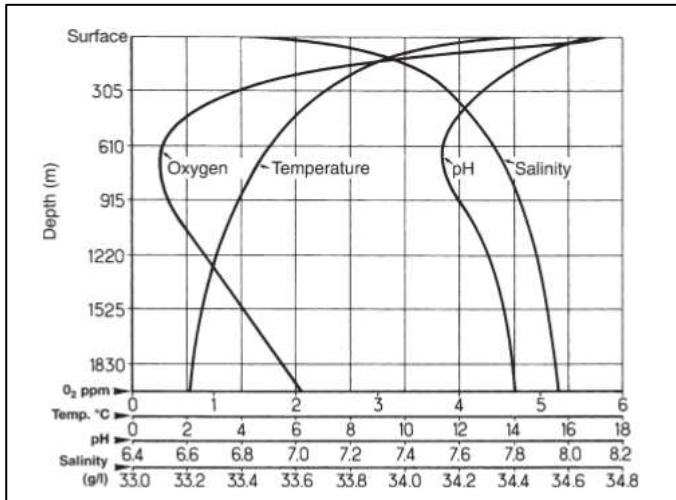
Air laut mengandung 6-8 mg/liter (ppm) oksigen terlarut. Kandungan oksigen berbeda-beda tergantung dari kedalaman lautnya. Peran oksigen terhadap tahan korosi Aluminium sama antara air laut maupun air tawar. Mempercepat laju korosi dengan cara mendepolarisasikan katoda dan berkontribusi pada pembentukan lapisan oksida untuk melindungi logam (Vargel,2004).

2.12.3 Temperatur

Tahanan korosi pada laut tropis lebih rendah dari pada laut arctic. Hal ini disebabkan meningkatnya temperatur membuat melambatnya terjadinya korosi : kandungan oksigen berkurang, aktivitas biologis meningkat dan mengendapnya kalsium karbonat seiring meningkatnya temperature, sehingga membentuk lapisan pelindung. Tidak ada perbedaan yang signifikan tahanan korosi logam *aluminum* antara hangat dan dinginnya laut (Vargel,2004).

2.12.4 pH

pH pada mendekati permukaan air laut sangat stabil dan sekitar 8,2, tergantung pada aktivitas plankton dan alga laut, dan juga tergantung pada kedalaman. pH yang stabil menyebabkan terbentuknya lapisan oksida pada Aluminium. Dan membuat tahanan korosi logam Aluminium menjadi baik di air laut (Vargel,2004)



Gambar 2.7 Pengaruh Kandungan Oksigen, Temperatur, pH dan Salinitas Terhadap Kedalaman Air Laut (Vargel, 2004)

2.13 Overprotection

Perlindungan berlebih pada struktur baja biasanya tidak berbahaya, hanya meningkatkan laju konsumsi anoda dan penggunaan daya listrik secara percuma. Pada tingkat yang berlebih menyebabkan terjadinya coating disbondment dan *hydrogen embrittlement* (perapuhan hidrogen), terutama pada material *High Strength Steel* (Wintson. 1985).

1. *Coating disbondment* Potensial proteksi katodik berlebih menghasilkan gas hydrogen. Mekanisme demikian disebut hydrogen over-voltage potensial. Proses ini terbentuk ketika potensial polarisasi mencapai -1,12 volt (*instant off*) terhadap *electrode* referensi Cu/CuSO₄. Gas yang terbentuk sering terperangkap di Antara lapis lindung dengan permukaan logam dan dapat menyebabkan *blistering* atau *disbanding* pada lapis

lindung. Selanjutnya elektrolit mengisi kesenjangan Antara lapis lindung selaku penyekat listrik mengakibatkan arus proteksi tidak dapat menjangkau luasan yang terpengaruh.

2. *Hydrogen embrittlement* Hydrogen juga dapat dihasilkan dari arus proteksi berlebih yang mengakibatkan menurunnya keuletan baja. Penyerapan ionion hidroksil oleh permukaan logam terjadi melalui proses difusi atom-atom hidrogen yang sangat kecil ke dalam Kristal lattice logam atau paduan. Ikatan antar atomnya membentuk gas hidrogen, dimana gelembung-gelembung gas ini merupakan tekanan yang dahsyat. Tekanan yang tinggi akan memutuskan ikatan antar logam untuk menghasilkan *internal voids*.(US ACE, 1997)

2.14 Elektroda Referensi

Pengetahuan tentang potensial material memiliki peranan yang penting dalam menentukan kriteria proteksi. Dan penentuan potensial tersebut melibatkan elektroda referensi. Berdasarkan standard NACE, yang dimaksud dengan elektroda referensi adalah: "An electrode whose open-circuit potential is constant under similar conditions of measurement, which is used for measuring the relative potential of other electrodes".

Jadi elektroda referensi adalah elektroda yang memiliki potensial saat rangkaian terbuka (potensial material itu sendiri) yang stabil sehingga digunakan untuk mengukur potensial relative antara elektroda lain terhadap referensi tersebut. Elektroda yang sering digunakan sebagai referensi adalah:

-
- A. Cu/CuSO₄(CSE)
 - B. Ag/AgCl
 - C. Hg/Hg₂Cl₂
 - D. Hydrogen(SHE)
 - E. Zn

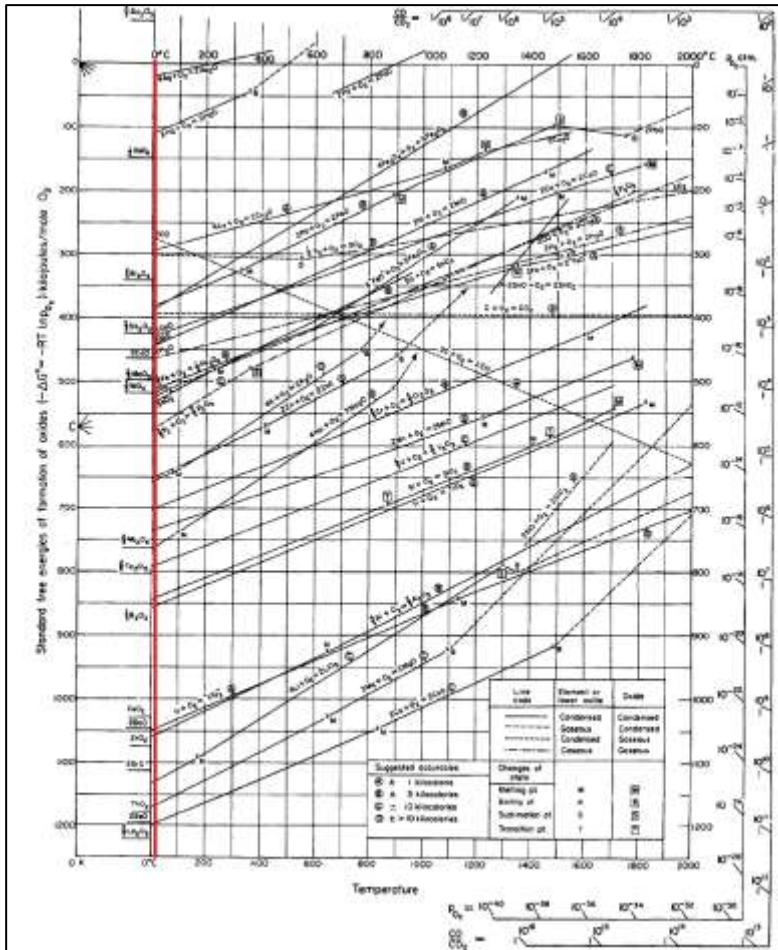
Hydrogen digunakan sebagai standard dengan potensial 0 volt. Maka potensial elektroda referensi lain terhadap hydrogen adalah sebagai berikut:

- A. Cu/CuSO₄ : 0.33 V (SHE)
- B. Ag/ Ag/AgCl : 0.25 V (SHE)
- C. Hg/Hg₂Cl₂ : 0.24 V (SHE)
- D. Hydrogen : 0 V
- E. Zn : -0.76 V (SHE)

Tiap elektroda referensi digunakan sesuai dengan aplikasi yang berbeda-beda:

- A. Cu/CuSO₄ umum digunakan untuk di tanah, beberapa menggunakannya di laut. CSE lebih banyak digunakan karena memiliki karakteristik sangat stabil.
- B. Ag/AgCl umum digunakan untuk lingkungan air laut.
- C. Hg/HgCl₂ umumnya digunakan untuk lingkungan mengandung klorida, tapi lebih merupakan untuk aplikasi laboratorium
- D. Zn, umumnya dapat digunakan untuk aplikasi di laut
Pemahaman akan tipe elektroda referensi diperlukan sehingga pembacaan atau pengukuran potensial dapat dilakukan seakurat mungkin

2.15 Diagram Ellingham

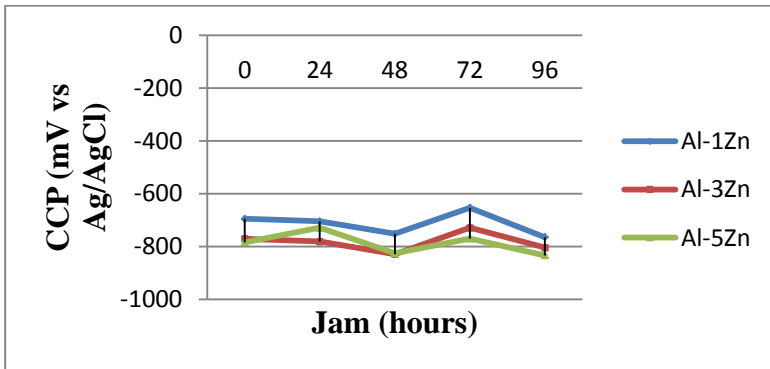


Gambar 2.8 Diagram Ellingham (Hasegawa, 2014)

Gambar 2.8 adalah diagram Ellingham merupakan diagram yang berisi energi bebas vs temperatur. Pada diagram Ellingham, logam yang aktif secara kimia memiliki energi bebas yang paling tinggi (negatif) dalam bentuk oksida yang terletak pada diagram bagian paling bawah. Sedangkan untuk logam yang memiliki energi bebas terkecil (positif) dalam bentuk oksida terletak pada diagram bagian paling atas. Nilai dari ΔF° untuk reaksi oksidasi merupakan ukuran afinitas kimia dari suatu logam terhadap oksigen. Semakin negatif nilai ΔF° suatu logam menunjukkan logam tersebut menunjukkan logam tersebut stabil dalam bentuk oksida. Dari diagram Ellingham kita dapat mengetahui temperatur minimal yang dibutuhkan agar reaksi tersebut dapat terjadi. Termodinamika hanya dapat digunakan untuk menunjukkan apakah suatu reaksi berjalan spontan ataukah tidak pada temperatur tertentu berdasarkan bebas energi yang dimiliki. Namun tidak pada laju reaksi (Hasegawa, 2014).

2.16 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya dengan judul “Studi Karakterisasi Anoda Korban Paduan Al-Zn-In Dengan Metode Kehilangan Berat” dapat diketahui bahwa pengaruh unsur paduan *Zinc* nilai potensial adalah sebagai berikut:



Gambar 2.9 Pengaruh Unsur Paduan Zinc (Zn) Terhadap Nilai Potential.

Dapat dilihat pada Gambar 2.9 penambahan kadar (wt%) Zn maka nilainya akan semakin negatif pada akhir pengujian metode *weight loss*. Kadar Zn yang diuji adalah 1%Zn, 3%Zn, dan 5%Zn. Hal ini sudah sesuai dengan penambahan unsur Zn akan membuat potensial semakin negatif (muazu,2011). Selain itu apabila semakin negatif nilai *close circuit potensial* (CCP) maka semakin baik anod korban melindungi struktur. Nilai CCP dari hari keempat atau pada jam ke-96 sampel Al-1Zn, Al-3Zn, dan Al-5Zn adalah -765 mV, -804 mV, dan -834 mV berturut-turut.

Pengaruh unsur paduan Zinc (Zn) terhadap efisiensi anoda korban didapat dengan rumus dibawah ini:

$$C = 0.8443 \times \Delta W_{Cu \text{ Rod}}$$

$$C = 0.8443 \times 1.30$$

$$C = 1096 \text{ Ah}$$

Adapula Persamaan 2.11 yaitu rumus *electrochemical capacity* anoda :

Rumus efisiensi Anoda

$$\varepsilon = \frac{c \times 1000}{\Delta W} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

C = Total Arus (Amp.Hr)

ΔW = Selisih Berat (kg)

ε = *Electrochemical* atau *Current Capacity*
(Amp.Hr/Kg)

Tabel 2.5 Efisiensi Unsur Paduan (Zn) terhadap Kekerasan.

Kode Sampel	Kapasitas Elektrokimia (Amp.Hr/kg)	Efisiensi (%)
Al-1Zn	2126	71
Al-3Zn	2189	73
Al-5Zn	2274	76

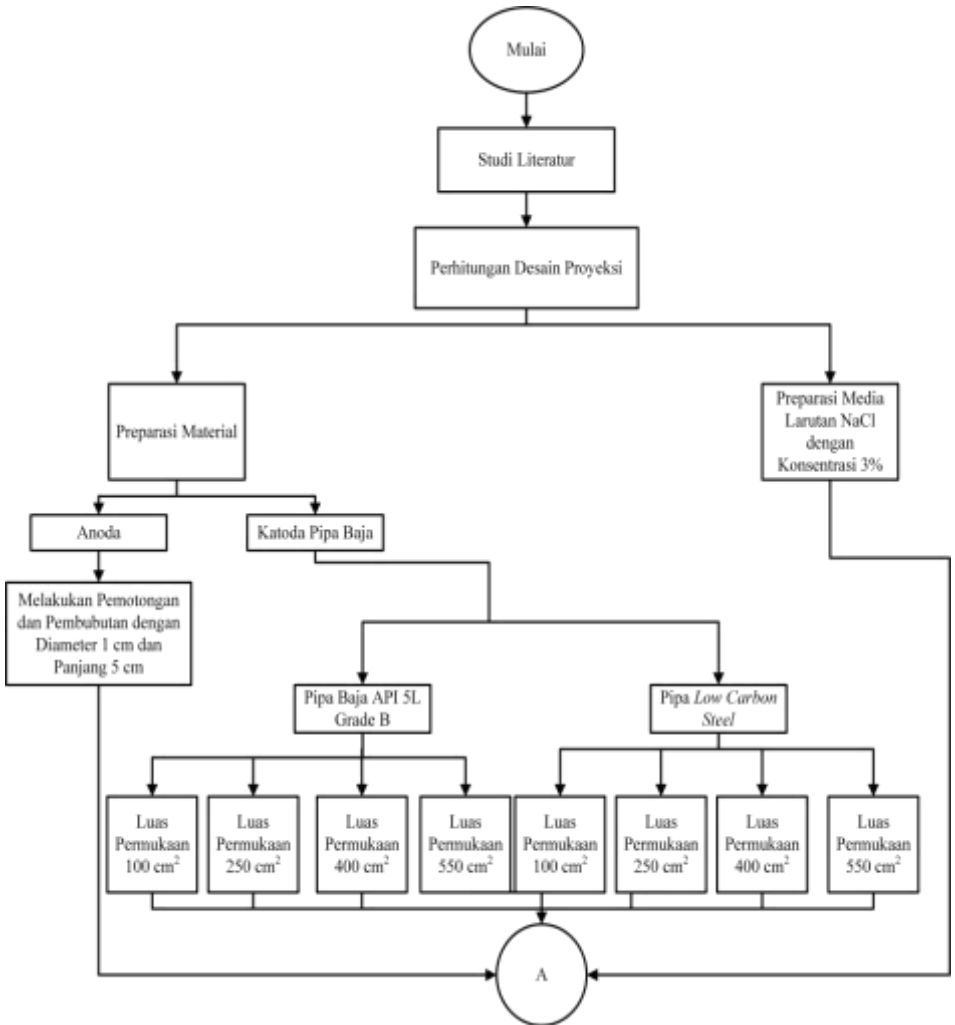
Dari Tabel 2.5 dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya kadar Zn dalam anoda korban maka akan semakin naik nilai efisiensinya. Dengan penambahan kadar Zn 1 wt%, 3 wt%, dan juga 5 wt% maka nilai efisiensinya juga akan bertambah menjadi 71%, 73%, dan juga 76%. Sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa peningkatan kadar Zn akan meningkatkan nilai efisiensinya. Selain itu penambahan unsur Zn juga mempengaruhi anoda korban secara visual dan struktur mikro.

Sedangkan pada penelitian yang lain yaitu dengan judul “Analisa Korosi Erosi Pada Baja Karbon Rendah dan Baja Karbon Sedang Akibat Aliran Air Laut.” yang menggunakan baja ST 40 yang memiliki kandungan Fe sebesar 98,23% dan kandungan C sebesar 0,2667% dimana diketahui bahwa baja ST 40 adalah baja dengan kadar rendah karena memiliki kadar karbon kurang dari 0.3%. Sedangkan baja ST 60 memiliki kandungan Fe sebesar 98,27% dan kandungan C sebesar 0,5486% . Dengan diketahuinya kedua unsur tersebut, maka material baja ST 60 dapat diklasifikasikan baja karbon sedang (menengah), karena baja karbon menengah adalah baja yang memiliki kadar karbon 0.3%-0.6%. Setelah dilakukan percobaan dan dilakukan tes *Energy Dispersive Spectrometri* (EDS) maka didapatkan hasil sebagai berikut pada baja ST 40 terdapat kandungan karbon sebesar 0,2667% . Hal ini berpengaruh pada nilai kekerasan material dimana unsur karbon berfungsi sebagai unsur penguat dan mencegah struktur dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Sedangkan pada baja ST 60 ditemukan kadar karbon yang berbeda pada saat di uji spektro yaitu memiliki kandungan karbon sebesar 0,5486 % . Hal ini berpengaruh juga pada nilai kekerasan material dimana unsur karbon berfungsi sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Setelah itu dilakukan pengujian Vickers pada baja ST 40 dan baja ST 60. Uji Vickers ini dilakukan pada lima titik yaitu tanpa perlakuan dari daerah sisi terkorosi dengan urutan dari permukaan menuju bagian kanan. Jarak antara titik adalah 0,10; 0,60; 1,10; 1,60; dan 2,10 dan lama pembebanannya 5 detik. Pada baja ST 40 daerah yang terkorosi terjadi penurunan nilai kekerasan, penurunannya cukup signifikan yaitu pada daerah yang terkorosi memiliki nilai kekerasan sebesar 155,4 VHN. Berbeda dengan daerah yang tidak terkorosi pada

titik ke-3 yaitu sebesar 179,1 VHN dan ke-4 sebesar 196,0 VHN. Hal ini disebabkan karena tidak terdapat unsur karbon pada daerah yang terkorosi pada hasil uji EDS, dimana fungsi dari unsur karbon adalah sebagai unsur peneras. Sedangkan pada baja ST 60 daerah yang terkorosi terjadi penurunan nilai kekerasan, penurunannya cukup signifikan yaitu pada daerah yang terkorosi memiliki nilai kekerasan sebesar 187,3 VHN. Berbeda dengan daerah yang tidak terkorosi pada titik ke-2 yaitu sebesar 191,6 VHN dan ke-3 sebesar 196,0 VHN. Hal ini disebabkan karena tidak terdapat unsur karbon pada daerah yang terkorosi pada hasil uji EDS, dimana fungsi dari unsur karbon adalah sebagai unsur peneras. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa senyawa yang terkandung pada daerah yang terkorosi adalah besi oksida (FeO) dimana oksigen bereaksi dengan permukaan besi maka akan terjadi reaksi antara oksigen dan besi. Reaksi yang terjadi adalah reaksi oksidasi, yaitu penggabungan oksigen dengan logam besi membentuk karat besi, terbukti dari hasil uji *Energy Dispersive Spectrometry* (EDS). Dan terjadi penurunan kekerasan pada kedua material baja karbon antara daerah yang terkorosi dengan daerah yang tidak terkorosi.

BAB III Metode Penelitian

3.1 Diagram Alir





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Standar Yang Digunakan

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti standar DNV•GL RP-B401 *Cathodic Protection Design*

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah:

1. Transformator *Rectifier*
2. Elektrode *Reference Ag/AgCl*
3. Multitester
4. Bor Cordless

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah

1. Pipa baja API 5L Grade B



Gambar 3.2 Pipa Baja API 5L Grade B

Gambar 3.2 adalah pipa baja API 5L yang digunakan pada penelitian kali ini.

2. Pipa *Low Carbon Steel*



Gambar 3.3 Pipa *Low Carbon Steel*

Gambar 3.3 adalah pipa *low carbon steel* yang digunakan pada penelitian kali ini.

3. Anoda korban *Aluminum* (Al)



Gambar 3.4 Anoda Korban Al

Gambar 3.4 adalah anoda korban *aluminum* yang digunakan pada penelitian kali ini

4. Larutan NaCl

-
5. Silicon Rubber/Resin
 6. Aquades

3.4 Pengujian DNV•GL RP-B401

Pengujian ini biasa digunakan untuk desain proteksi katodik skala laboratorium.

3.4.1 Preparasi Sampel dan Bahan Pengujian

1. Sample Anoda memiliki luas permukaan dengan bentuk silinder diameter 10 mm dengan panjang 50 mm.
2. Sebuah lubang dengan diameter 3 mm dibuat disalah satu ujung sample dan dihubungkan dengan *Support Rod* atau batang penyangga yang terbuat dari titanium. Batang penyangga harus mempunyai lapisan *Insulator* listrik disemua bagian-bagian terkena larutan uji
3. Memotong pipa API 5L Grade B dan pipa besi dengan diameter 6cm sepanjang 5,3cm, 13,2cm, 21,2cm, dan 29,1cm
4. Sebelum dicelup ke dalam larutan uji, sampel dicuci dengan air dilanjutkan dengan alkohol. Sampel kemudian dikeringkan lalu ditimbang sampai ketelitian 0,1 mg
5. Larutan NaCl murni dengan kadar salinitasnya 3,0%.

3.4.2 Prosedur Pengujian

1. Melakukan pemotongan dan pembubutan pada anoda korban hingga memiliki ukuran diameter 10 mm dan tinggi 50 mm.

2. Dilakukan pengeboran dengan diameter 4 mm pada satu sisi anoda korban agar dapat memasang batang penyangga, setelah itu ujung spesimen tersebut dilapisi dengan perekat yang sesuai seperti *Silicon Rubber*.
3. Setiap pengujian sebuah sample anoda menggunakan larutan uji dengan volume minimum 10 liter. Larutan uji harus secara *kontinu* dialirkan udara dan tidak boleh diganti selama periode pengujian. Dan temperatur dipertahankan pada temperatur kamar
4. Setiap spesimen anoda harus disuspensikan ke dalam tabung silinder terbuat dari baja yang tidak dilapisi dengan luas permukaan minimum 20x luas permukaan spesimen anoda korban, yaitu kira-kira 400 cm²
5. Spesimen anoda korban dan katoda baja dihubungkan masing-masing ke kutub positif dan kutub negatif dengan sumber arus tetap DC
6. Sebuah *current integrator*, seperti Cu *coulometer*, yang bisa mengukur total dari *discharge current* sampai tingkat akurasi $\pm 2\%$ harus dirangkai dalam sirkuit
7. Arus yang mengalir melalui sirkuit atau *cell* harus disesuaikan untuk menghasilkan *anodic current density* yang didasarkan pada luas permukaan spesimen mula-mula yang ter-ekspos terhadap larutan uji, yaitu : hari I : 1,5mA/cm² ; hari II : 0,5 mA/cm² ; hari III : 4,0 mA/cm² ; hari IV : 1,5 mA/cm²

8. Current density harus dikontrol dengan tingkat akresi sampai $0,1 \text{ mA/cm}^2$ dan harus dipertahankan selama periode pengujian. Total waktu pengujian adalah 96 ± 4 jam
9. Disetiap akhir pengujian, potensial anoda diukur pada 3 posisi pertitik. Spesimen tidak boleh dibersihkan dari produk korosi sebelum pengukuran dilakukan
10. pengukuran *electrochemical efficiency* digunakan rumus :

$$e (\text{ampere-hour} / \text{kg}) = C \times 1000 / W$$

Dimana :

C = total perubahan arus (*ampere.hour*)

W= berat anoda yang hilang (gram)

Presentase efisensi :

$$\eta = [e/2976,256] \times 100 \%$$

Dimana : 2976,256 = kapasitas Anoda Al murni
(A-hr/Kg)

3.4.3 Kriteria Penerimaan

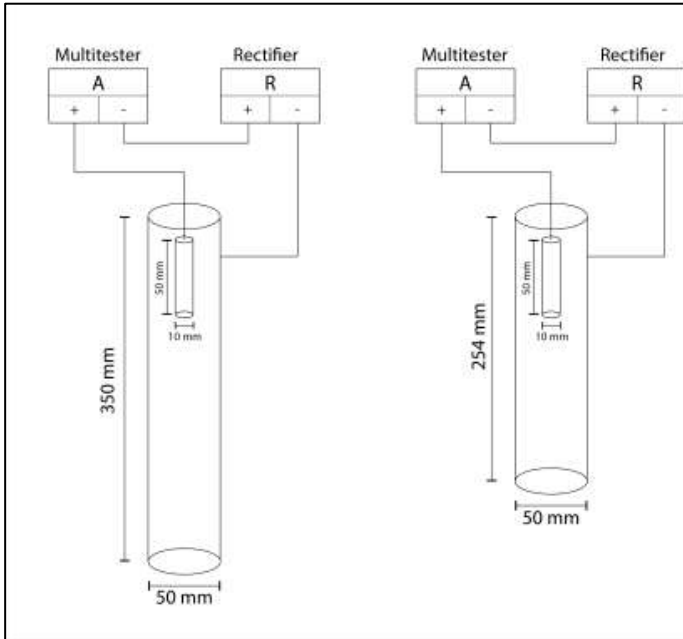
nilai *closed circuit potensial* dan *electrochemical efficiency* harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan untuk Al *base sacriface anode*, yaitu dengan

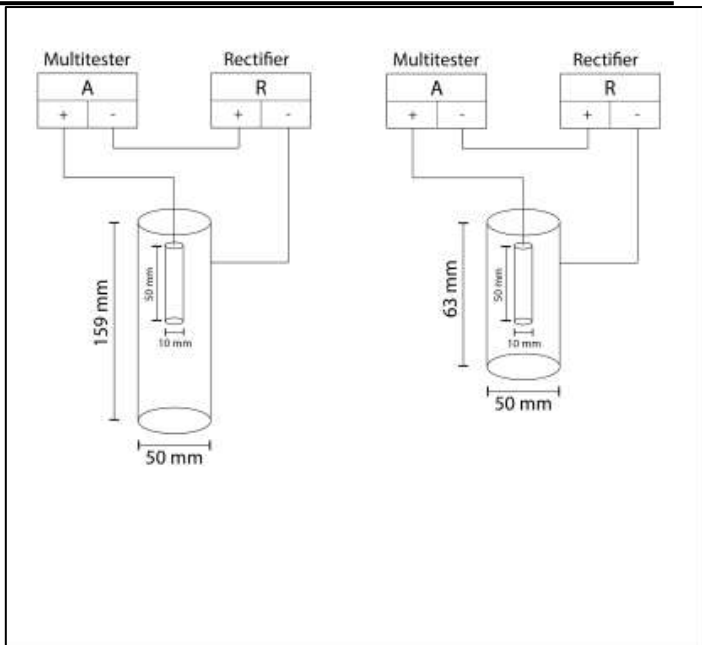
kapasitas arus : 2300 – 700 A.hr/Kg

3.4.4 Skema Rancangan penelitian

Berikut merupakan skema percobaan pengujian DnV Rp B401 dengan variabel berupa luas permukaan katoda dan jenis katoda

1. Skema perancangan penelitian variasi jenis katoda pipa medium carbon steel pada luas permukaan yang berbeda.





Gambar 3.5 Skema Perancangan Penelitian pada Pipa Baja API 5 L Grade B dan *Low Carbon Steel*.

Gambar 3.5 adalah skema perancangan penelitian pada pipa baja API 5L Grade B dan *Low Carbon Steel* dengan luas permukaan 100 cm^2 , 250 cm^2 , 400 cm^2 , 550 cm^2 .



Gambar 3.6 Skema Rancangan Penelitian.

Gambar 3.6 adalah rancangan yang dilakukan pada percobaan kali ini

3.5 Pembuatan Larutan Salinitas 3%

Bahan yang digunakan adalah NaCl. Melarutkan 312gr NaCl ke dalam 10L aquades dan dihomogenkan.

3.6 Komposisi Bahan

Berikut adalah komposisi bahan yang digunakan pada penelitian kali ini

Tabel 3.1 komposisi Aluminium Anoda Korban

Komposisi	Kandungan (%)
Al	95,81
Zn	2,78
Fe	0,7
Si	0,44
Cu	0,12
Pb	0,01

Tabel 3.1 merupakan tabel komposisi anoda Aluminium. Anoda korban yang menggunakan pengujian komposisi kimia X-ray Fluorescence.

Tabel 3.2 Komposisi Pipa API 5L Grade B

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
C	0,2390	W	0,0100
Si	0,2420	Pb	0,0040
Mn	0,3850	Sn	0,0048
P	0,0140	Mg	0,0015
S	0,0105	As	0,0121
Cr	0,0165	Zr	0,0015
Mo	0,0020	Bi	0,0050
Ni	0,0048	Ca	0,0032
Al	0,0065	Ce	0,0030
Co	0,0035	Sb	0,0020
Cu	0,0078	Te	0,0020
Nb	0,0040	B	0,0007
Ti	0,0010	Zn	0,0396
V	0,0007	La	0,0010
Fe	99,000		

Tabel 3.2 adalah tabel komposisi pipa API 5L Grade B yang digunakan pada percobaan kali ini. Terlihat bahwa memiliki kadar Fe Sebesar 99,5%, kadar karbon sebesar 0,0436%, dan kadar mangan 0,24%.

Tabel 3.3 Komposisi Pipa *Low Carbon Steel*

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
C	0,0436	W	0,0100
Si	0,0203	Pb	0,0040
Mn	0,2400	Sn	0,0051
P	0,0034	Mg	0,0010
S	0,0065	As	0,0101
Cr	0,0020	Zr	0,0015
Mo	0,0043	Bi	0,0050
Ni	0,0606	Ca	0,0012
Al	0,0047	Ce	0,0030
Co	0,0069	Sb	0,0049
Cu	0,0040	Te	0,0018
Nb	0,0040	B	0,0005
Ti	0,0010	Zn	0,0253
V	0,0008	La	0,0010
Fe	99,5		

Tabel 3.3 adalah tabel komposisi pipa *Low Carbon Steel* yang digunakan pada percobaan kali ini. Terlihat bahwa memiliki kadar Fe Sebesar 99,5%, kadar karbon sebesar 0,0436%, dan kadar mangan 0,24%.

3.7 Tabel Eksperimen dan Pengujian

Tabel 3.4 Eksperimen dan pengujian.

No.	Jenis Katoda	Luas Permukaan (cm ²)	Open circuit Potentials (mV)	Closed Circuit Potentials (mV)				Berat Anoda	
				Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Berat awal	Berat Akhir
1.	Baja	100	√	√	√	√	√	√	√
2.	API	250	√	√	√	√	√	√	√
3.	5L	400	√	√	√	√	√	√	√
4.	Grade B	550	√	√	√	√	√	√	√
5.	Baja	100	√	√	√	√	√	√	√
6.	Karbon	250	√	√	√	√	√	√	√
7.	Ren-	400	√	√	√	√	√	√	√
8.	dah	550	√	√	√	√	√	√	√

Tabel 3.4 adalah tabel eksperimen selama 4 hari. Selain itu terdapat berat awal dan berat akhir dari anoda korban.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Berikut adalah hasil analisa data setelah melakukan penelitian:

Tabel 4.1 Data *Open* Dan *Closed Circuit* Potensial Anoda Korban Pada Baja API 5L dan *Low Carbon Steel*

No.	Jenis Katoda	Lupas Permukaan (cm ²)	OCP (mV)	CCP (mV)			
				Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4
1.	Pipa	100	-1040	-884	-1234	-840	-541
2.	API 5L	250	-1090	-930	-898	-700	-724
3.	Grade	400	-890	-804	-855	-745	-827
4.	B	550	-1089	-848	-815	-800	-670
5.	<i>Low Carbon Steel</i>	100	-884	-803	-864	-832	-760
6.		250	-1280	-769	-757	-747	-807
7.		400	-858	-791	-834	-832	-873
8.		550	-898	-824	-626	-822	-777

Tabel 4.2 Data *Open* Dan *Closed Circuit* Potensial Katoda

No	Jenis Katoda	Lupas Permukaan (cm ²)	OCP (mV)	CCP (mV)			
				Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4
1.	Pipa	100	-830	-1263	-1543	-963	-777
2.	API 5L	250	-761	-1226	-1092	-1115	-1025
3.	Grade	400	-586	-1119	-1028	-1142	-1042
4.	B	550	-628	-922	-905	-1005	-1005
5.	<i>Low Carbon Steel</i>	100	-556	-1220	-1294	-1112	-940
6.		250	-585	-1090	-990	-1212	-1127
7.		400	-671	-1041	-1037	-1052	-1048
8.		550	-694	-844	-725	-1164	-1050

Dari Tabel 4.1 dan 4.2 merupakan hasil dari *Open Circuit Potentials* dan *Closed Circuit Potentials* yang didapat dengan cara melakukan pengecekan setiap 24 jam selama 96 jam. Setiap 24 jam arus yang digunakan diubah sesuai dengan standar DNV•GL RP-B401 yaitu : hari 1 : 1,5 mA/cm²; hari 2 : 0,4 mA/cm²; hari 3 : 4,0 mA/cm²; dan hari 4 : 1,5 mA/cm².

Tabel 4.3 Arus Potensial Anoda Korban Rata-rata pada Pipa Baja API 5L Grade B dan *Low Carbon Steel*

No.	Jenis Katoda	Luas Permukaan	Potensial Rata-rata (mV)	
			Anoda	
			OCP	CCP
1.	API 5L Grade B	100	-1040	-864,75
2.		250	-1090	-813
3.		400	-890	-807,75
4.		550	-1089	-783,25
5.	<i>Low Carbon Steel</i>	100	-884	-814,75
6.		250	-1280	-770
7.		400	-858	-832,5
8.		550	-898	-762,25

Tabel 4.4 Arus Potensial Katoda

No.	Jenis Katoda	Luas Permukaan	Potensial Rata-rata (mV)	
			Katoda	
			OCP	CCP
1.	API 5L Grade B	100	-830	-1136,5
2.		250	-761	-1114,5
3.		400	-586	-1082,75
4.		550	-628	-959,25
5.	<i>Low Carbon Steel</i>	100	-556	-1141,5
6.		250	-585	-1104,75
7.		400	-671	-1044,5
8.		550	-694	-945,75

Pada Gambar 4.3 dan 4.4 pipa baja API 5L Grade B memiliki hasil *Open Circuit Potential* katoda yang lebih rendah dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu sebesar -733 mV untuk pipa baja API 5L dan $-626,5$ mV untuk baja karbon rendah. Sedangkan hasil *Closed Circuit Potentials* katoda baja API 5L Grade B memiliki nilai potensial yang lebih negatif dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu sebesar $-1090,93$ mV untuk pipa baja API 5L Grade B dan $-1059,12$ mV untuk baja karbon rendah.

Anoda memiliki nilai *open circuit potential* sebesar $-1027,5$ mV untuk baja API 5L Grade B dan -980 mV untuk baja karbon rendah. Sedangkan untuk *Closed circuit* potensial didapatkan angka sebesar $-835,5$ untuk baja API 5L Grade B dan $-801,6$ untuk baja karbon rendah. Dengan demikian terlihat bahwa baja API 5L Grade B memiliki nilai potensial katoda dan anoda yang lebih negatif dibandingkan dengan baja karbon rendah. Namun pada saat rangkaian dilakukan maka baja karbon rendah memiliki selisih nilai potensial yang lebih besar yaitu $354,5$ mV dan untuk baja API 5L Grade B sebesar $294,5$ mV.

Tabel 4.5 Data *Weight Loss* dan Efisiensi Pada Anoda Korban

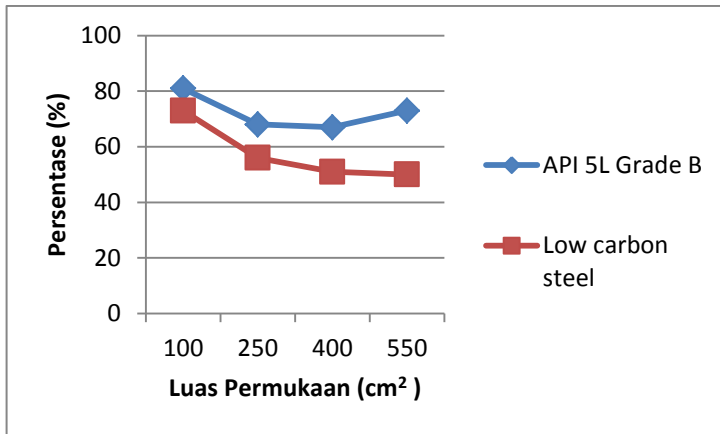
No.	Jenis Katoda	Luas Permukaan (cm ²)	<i>Weight Loss</i> (gr)	Efisiensi (%)
1.		100	1.15	81.46
2.	Baja API	250	1.37	68.38
3.	5L Grade B	400	1.38	67.88
4.		550	1.27	73.76
5.		100	1.28	73.19
6.	<i>Low</i>	250	1.66	56.43
7.	<i>Carbon</i>	400	1.81	51.75
8.	<i>Steel</i>	550	1.85	50.64

Pada Tabel 4.5 terlihat bahwa luas permukaan mempengaruhi *weight loss* dan nilai efisiensi dari anoda korban. Dari kedua material memiliki *trend* menurun. Namun hal tersebut tidak terjadi pada baja API 5L Grade B dengan luas permukaan 500 cm² yang memiliki *weight loss* sebesar 1.27 gr dan efisiensi sebesar 77%.

4.2 Pembahasan

Pembahasan pada penelitian kali ini adalah efisiensi anoda korban, jenis katoda, dan juga luas permukaan. Hal tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

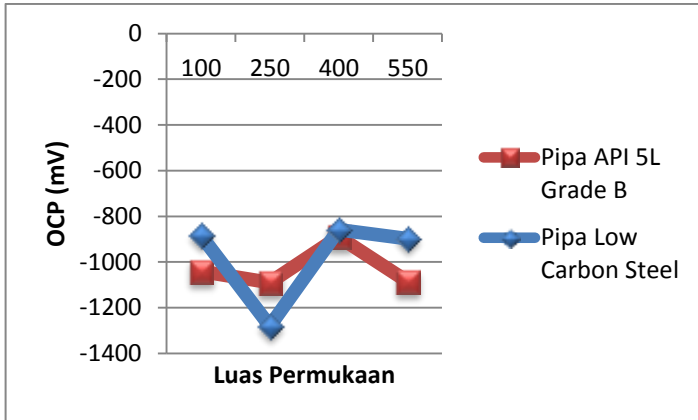
4.2.1 Efisiensi Anoda Korban



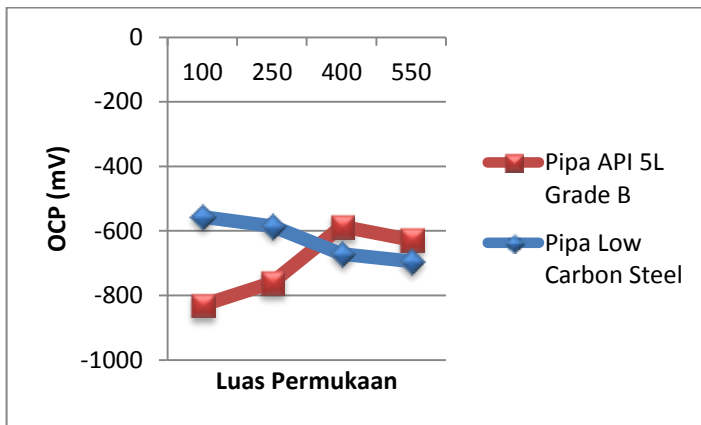
Gambar 4.1 Efisiensi Anoda Korban

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa pipa API 5L grade B memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan *lowcarbon steel*. Pada kedua material memiliki *trend* yang sama yaitu menurun. Hal tersebut disebabkan karena adanya perbedaan komposisi paduan pada kedua pipa tersebut, karena apabila unsur paduan dari baja semakin banyak maka akan semakin banyak unsur yang membentuk lapisan pasif. Perbedaan yang paling terlihat adalah pada kadar unsur mangan (Mn).

4.2.2 Jenis Katoda



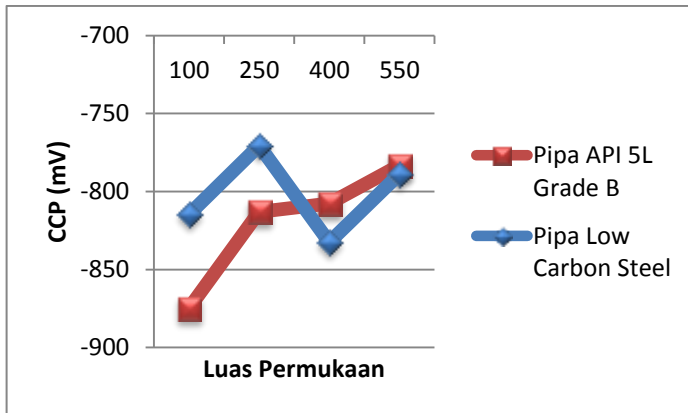
Gambar 4.2 *Open circuit Potensial* Anoda Berdasarkan Luas Permukaan



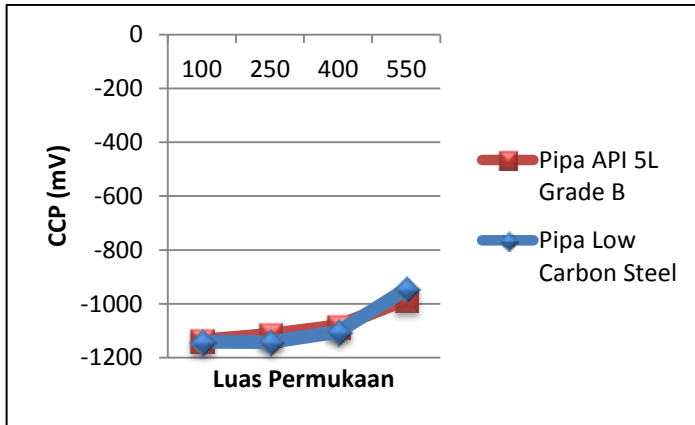
Gambar 4.3 *Open circuit Potensial* Katoda Berdasarkan Luas Permukaan

Pada Gambar 4.2 dan 4.3 terlihat bahwa arus potensial pada saat *open circuit* bahwa pipa baja API 5L Grade B memiliki nilai

potensial anoda yang lebih negatif dengan rata rata arus potensial sebesar $-1026,5$ mV dibandingkan dengan pipa *Low Carbon steel* yaitu sebesar -980 mV. Berbanding lurus dengan arus potensial pada katoda yaitu -701.25 mV untuk pipa API 5L Grade B dan $-626,5$ mV untuk *low carbon steel*



Gambar 4.4 *Closed Circuit Potential* Anoda Berdasarkan Luas Permukaan



Gambar 4.5 *Closed Circuit Potential* Katoda Berdasarkan Luas Permukaan

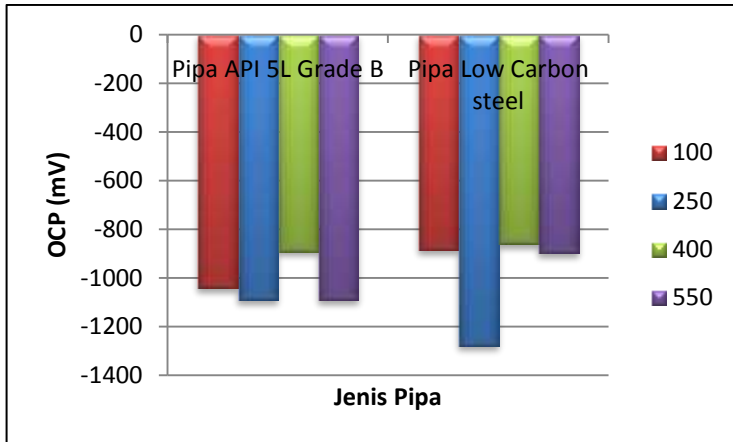
Pada Gambar 4.4 dan 4.5 terlihat bahwa arus potensial pada saat *Closed circuit* bahwa pipa baja API 5L Grade B memiliki nilai potensial anoda yang lebih negatif dengan rata-rata arus potensial sebesar -819,7 mV dibandingkan dengan pipa *Low Carbon steel* yaitu sebesar -801,62 mV. Berbanding lurus dengan arus potensial pada katoda yaitu -1079 mV untuk pipa API 5L Grade B dan -1059,12 mV untuk *low carbon steel*.

Dari Gambar 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 dapat terlihat bahwa perbedaan nilai potensial dari material baja API 5L Grade B dan *low carbon steel* memiliki perbedaan yang signifikan. Hal tersebut disebabkan karena kedua material tersebut termasuk kedalam klasifikasi *low carbon steel* yaitu memiliki kadar karbon dibawah 0,3%. Selain itu pengaruh unsur paduan dapat menyebabkan perbedaan *properties* pada baja (Mulyadi, 2010). Baja API 5L Grade B memiliki komposisi karbon sebesar 0,239%,

Mangan (Mn) yaitu 0,385%, Silikon (Si) 0,242%, Kromium (Cr) 0,0165%, *Phosporus* (P) 0,0140% ,dan Sulfur 0,0105%. Sedangkan pipa *low carbon steel* memiliki komposisi karbon sebesar 0,044%, Mangan (Mn) yaitu 0,24%, Silikon (Si) 0,0203%, Kromium (Cr) 0,0020%, *Phosporus* (P) 0,0034% ,dan Sulfur 0,0065% namun dengan perbedaan komposisi tersebut dapat menimbulkan perbedaan efisiensi pada anoda korban *aluminum* (Al) sebesar $\pm 14\%$ pada setiap luas permukaan. Sesuai dengan teori yang ada bahwa pemilihan material dapat mempengaruhi laju korosi (Einar, 2003). Semakin banyak unsur paduan pada suatu baja, maka akan semakin banyak pula lapisan pasif yang terbentuk. Lapisan pasif terbentuk karena adanya oksigen. Oksigen akan bereaksi dengan unsur-unsur yang ada pada material dan membentuk lapisan pasif (Vargel, 2004). Sehingga pipa baja tidak langsung bereaksi dengan lingkungan yang ada.

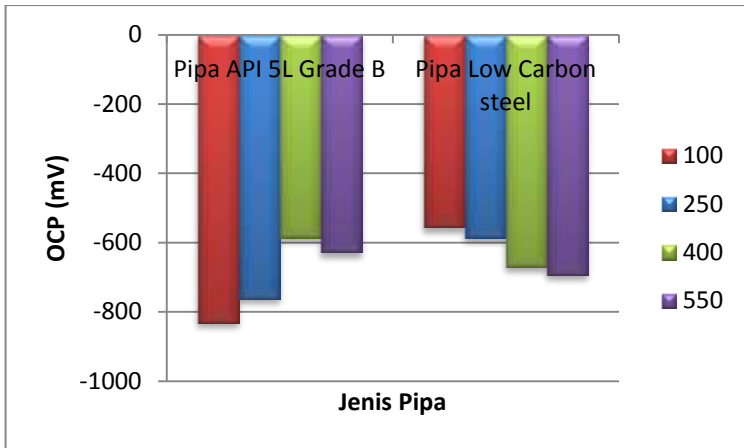
Pada diagram Ellingham dapat dilihat bahwa pada temperatur kamar unsur Fe memiliki nilai gibbs energi yang sangat tinggi, hal tersebut membuat oksigen memerlukan energi yang besar untuk bereaksi dengan Fe. Pada Tabel 3.2 dan 3.3 dapat dilihat bahwa baja API 5L Grade B memiliki persentase unsur paduan yang lebih banyak dibandingkan dengan *Low Carbon Steel*. Hal itulah yang membuat oksigen akan bereaksi dengan unsur seperti Mn,Cr,Si, dan lain-lain. Pada Tabel 4.3 dan 4.4 dapat dilihat bahwa baja API 5L Grade B memiliki persentase unsur paduan yang lebih banyak dibandingkan dengan *Low Carbon Steel*. Hal itulah yang membuat oksigen akan bereaksi dengan unsur seperti Mn,Cr,Si, dan lain-lain. Sesuai dengan teori apabila pada diagram ellingham suatu unsur mempunyai nilai yang lebih negatif maka akan semakin mudah bereaksi.

4.2.3 Luas Permukaan.



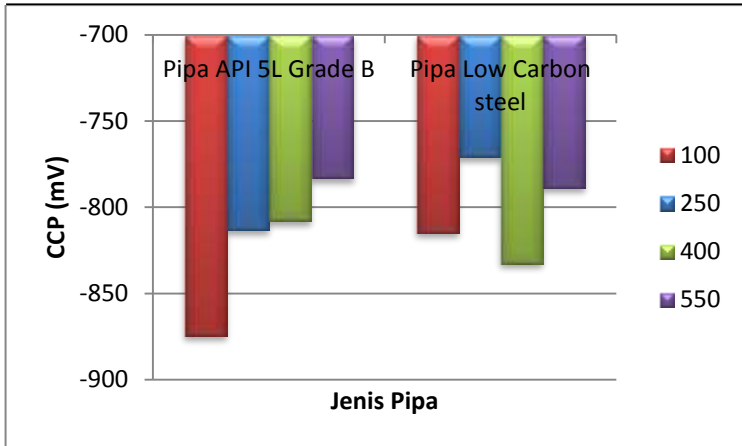
Gambar 4.6 Open Circuit Potential Anoda Berdasarkan Jenis Pipa

Pada Gambar 4.6 dapat terlihat bahwa pada kedua material, anoda korban aluminum (Al) memiliki arus potensial yang fluktuatif. Pada pipa API 5L Grade B memiliki nilai arus potensial terbesar pada luas permukaan 400 cm² yaitu sebesar -890 mV sedangkan memiliki hasil terendah pada luas permukaan 250 cm² yaitu sebesar -1090 mV. Pada pipa *low carbon steel* memiliki nilai arus potensial terbesar pada luas permukaan 400cm² yaitu sebesar -858 mV dan memiliki hasil terendah pada luas permukaan 250 cm² yaitu sebesar -1280 mV.



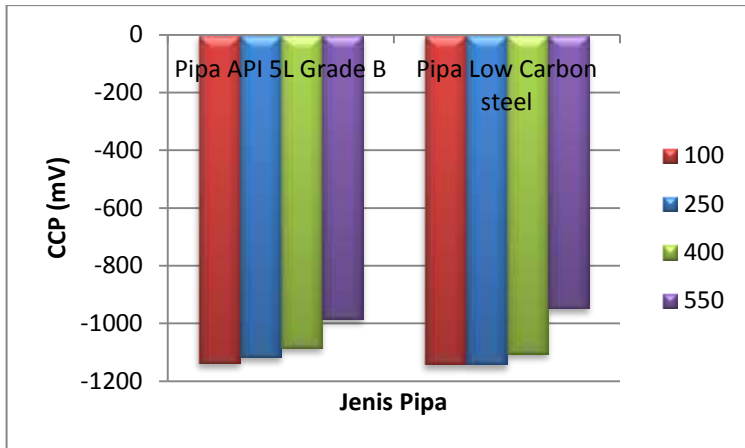
Gambar 4.7 *Open Circuit Potential* Katoda Berdasarkan Jenis Pipa

Pada Gambar 4.7 dapat terlihat bahwa nilai pada baja API 5L Grade B memiliki arus potensial yang relatif meningkat akibat bertambahnya luas permukaan. Pada baja API 5L Grade B memiliki nilai arus potensial tertinggi luas permukaan 400 cm² yaitu sebesar -586 mV dan memiliki nilai terkecil pada luas permukaan 100 cm² yaitu sebesar -830 mV. Pada pipa *low carbon steel* memiliki nilai arus potensial dengan *trend* menurun. Memiliki nilai arus potensial terbesar pada luas permukaan 100 cm² yaitu sebesar -556 mV dan memiliki nilai terkecil pada luas permukaan 550 cm² yaitu sebesar -694 mV.



Gambar 4.8 Closed Circuit Potential Anoda Berdasarkan Jenis Pipa

Pada Gambar 4.8 dapat terlihat bahwa pada kedua jenis material, anoda korban alumina (Al) memiliki nilai arus potensial yang menurun pada pipa API 5L Grade B memiliki nilai arus potensial terbesar pada luas permukaan 550 cm² yaitu sebesar -783,25 mV dan memiliki nilai arus potensial terendah pada luas permukaan 100 cm² yaitu sebesar -874,75 mV. Sedangkan pada pipa *low carbon steel* memiliki nilai arus potensial yang fluktuatif dengan nilai terbesar pada luas permukaan 250 cm² yaitu sebesar -770,5 mV dan memiliki nilai terkecil pada luas permukaan 400 cm² yaitu sebesar 832,5 mV.



Gambar 4.9 *Closed Circuit Potential* Katoda Berdasarkan Jenis Pipa.

Pada Gambar 4.9 dapat terlihat bahwa nilai pada baja API 5L Grade B memiliki arus potensial yang meningkat akibat bertambahnya luas permukaan. Pada baja API 5L Grade B memiliki nilai arus potensial tertinggi luas permukaan 550cm² yaitu sebesar -985 mV dan memiliki nilai terkecil pada luas permukaan 100 cm² yaitu sebesar -1136,5 mV. Pada pipa *low carbon steel* memiliki nilai arus potensial dengan *trend* yang relatif meningkat. Memiliki nilai arus potensial terbesar pada luas permukaan 550 cm² yaitu sebesar -946,75 mV dan memiliki nilai terkecil pada luas permukaan 250 cm² yaitu sebesar -1141,75 mV.

Sesuai dengan Gambar 4.9 pada saat *Closed Circuit Potential* kedua katoda menunjukkan *trend* arus proteksi yang meningkat. Terlihat pada kedua material bahwa pada saat luas permukaan 400 cm² memiliki nilai arus potensial lebih kecil dibandingkan dengan luas permukaan 550 cm². Pada baja API 5L Grade B memiliki nilai sebesar -1082,75 mV pada luas

permukaan 400 cm^2 sedangkan pada luas permukaan 550 cm^2 memiliki nilai sebesar $-982,75 \text{ mV}$. Sama hal dengan pipa *low carbon steel*, Pada luas permukaan 400 cm^2 memiliki nilai sebesar -1044 mV , sedangkan pada luas permukaan 550 cm^2 memiliki nilai arus potensial sebesar -945.75 mV .

Dari Gambar 4.7 saat *open circuit potential* dapat terlihat bahwa nilai potensial dari pipa baja API 5L Grade B mengalami peningkatan sedangkan berbanding terbalik dengan pipa *low carbon steel* mengalami penurunan pada nilai potensialnya. Sementara itu pada Gambar 4.9 saat *closed circuit potential* kedua material tersebut memiliki nilai potensial yang relatif meningkat. Apabila luas permukaan dari katoda lebih dari 400 cm^2 maka akan memiliki arus potensial lebih dari -1100 mV , sedangkan apabila luas permukaan kurang dari 400 cm^2 maka nilai potensialnya akan kurang dari -1100 mV . Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa dengan semakin besar luas permukaan suatu katoda maka nilai potensialnya akan semakin positif, pada luas permukaan 100 cm^2 nilai arus potensial terendah adalah $-1141,5 \text{ mV}$ sedangkan pada luas permukaan terbesar memiliki arus potensial sebesar $-945,75 \text{ mV}$. Sesuai dengan teori yang ada bahwa katoda akan terproteksi dengan kapasitas arus -850 mV sampai dengan -1100 mV , apabila berada kurang dari -1100 mV maka katoda *overprotection*, apabila kurang dari -850 mV makan katoda belum terproteksi (NACE, 2007). Perlindungan berlebih pada struktur baja biasanya tidak berbahaya, hanya meningkatkan laju konsumsi anoda dan penggunaan daya listrik secara percuma (Winstson, 1985). Sesuai juga dengan standar yang digunakan yaitu DNV•GL RP-B401 dimana luas permukaan katoda memiliki ukuran minimal 20 kali dari ukuran anoda korban. Sedangkan untuk pengaruh luas permukaan terhadap efisiensi

semakin kecil luas permukaan maka semakin besar nilai efisiensi anoda korban *aluminum* (Al). Namun hal itu tidak terlihat pada katoda dengan luas permukaan 550 cm² dimana nilai efisiensinya lebih besar dari katoda de(n)gan luas permukaan 400 cm². Dimana hal tersebut dikarenakan arus potensial yang lebih rendah sehingga katoda terproteksi secara merata.

Sesuai dengan standar DNV GL RP-B401 bahwa luas katoda harus memiliki 20 kali luas permukaan dari anoda korban. Dimana standar anoda korban yang digunakan dengan diameter 1 cm dan tinggi 5 cm, dengan demikian katoda harus memiliki ukuran minimum 400 cm² (DNV GL, 2017). Apabila luas katoda dibawah 400 cm² maka arus potensialnya akan berada dibawah -1100 mV. Karena dengan semakin besar luas permukaan maka arus potensial yang dihasilkan semakin besar. Dimana *range* arus proteksi harus berada di antara -1100 mV sampai dengan -850 mV. Adapula pengaruh jenis katoda yang digunakan juga mempengaruhi efisiensi anoda korban. Sebagaimana yang kita tahu bahwa unsur paduan dapat meningkatkan ketahanan korosi, karena dengan semakin banyaknya unsur paduan maka akan semakin banyak pula unsur yang bisa membentuk lapisan pasif. Sehingga oksigen tidak langsung bereaksi dengan Fe.

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil kesimpulan bahwa:

1. Arus potensial anoda korban memiliki nilai terendah pada luas permukaan 100 cm^2 dan memiliki nilai tertinggi pada luas permukaan 550 cm^2 . Hal tersebut dikarenakan dengan luas permukaan anoda yang sama, katoda dengan luas permukaan yang lebih kecil akan mengalami *overprotection*. Sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada luas permukaan 100 cm^2 . Hal tersebut disebabkan karena semakin kecil luas permukaan katoda maka semakin sedikit area yang perlu diproteksi oleh anoda.
2. Arus potensial anoda korban meningkat seiring dengan bertambahnya luas permukaan, memiliki nilai terbesar pada luas permukaan 550 cm^2 . Sedangkan efisiensi dari anoda korban akan menurun dengan penambahan luas permukaan. Luas permukaan 100 cm^2 memiliki efisiensi tertinggi yaitu 77%.
3. Arus potensial anoda korban pada API 5L Grade B lebih rendah dari *low carbon steel*. potensial $-1026,5 \text{ mV}$ saat *open circuit potential* dan $-819,7 \text{ mV}$ saat *closed circuit potential*. Sedangkan *low carbon steel* memiliki nilai potensial sebesar -980 saat *open circuit potential* dan $-801,26 \text{ mV}$ saat *closed circuit potential*. Sedangkan API 5L Grade b memiliki efisiensi 14% lebih besar dari *low carbon steel*.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh luas permukaan. Hal tersebut dikarenakan tidak banyak perbedaan dari hasil variasi luas permukaan menggunakan interval 150 cm^2 .
2. Dapat dilakukan penelitian dengan variasi perbedaan luas anoda korban.
3. Penelitian ini dilanjutkan dengan tujuan akhir lab. korosi Departemen Teknik Material dapat membuat anoda korban sendiri.

Daftar Pustaka

- _____, 2017. **DNVGL-RPB401.Recomendation Practice Cathodic Protection design.** DNV GL AS
- _____. 1999. **Handbook of Corrosion Engineering.** New York : McGraw-Hill.
- _____.1998.**NACE Standard TM0190-98.** Houston, Texas
- _____.1999. **ASTM G3-89 Standard Practice for Conventions Applicable to Electrochemical Measurements in Corrosion Testing.** United States
- Afrizal A. **Studi Penggunaan Copper Wire Sebagai Pengganti Titanium Rod Pada Pengujian Efisiensi Aboda Korban Al Denagn Metode Standar NACE TM190-98,** Skripsi, 2006.
- Al-Saif, Majid et.al. **Development of API Grade Linepipe Steels At Saudi Iron and Steel Company.** SABIC Technolgy Center-Jubail
- Amanto, Hari dan Daryanto. 2006. *Ilmu bahan.* Jakarta: Bumi Aksara.
- Bardal, Einar. 2003. *Corrosion and Protection.* The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- Bayuseno A. P. **Analisa Korosi Erosi Pada Baja Karbon Rendah dan Baja Karbon Sedang Akibat Aliran Air Laut,** Skripsi, 2012.
- Bernanto Ferdy M. O. **Studi Penambahan Unsur Pemadu Cadmium Terhadap Karakteristik Anoda Korban Paduan Al-Zn-Si,** Skripsi, Agustus 1993.
- Chandler, K. A. 1985. **Marine and offshore corrosion / Kenneth A. Chandler.** Boston: Butterworths.
- Fontana, M. G. 1986. **Materials science and engineering series: corrosion engineering.** michigan: mcgraw-hill.

- Hasegawa, masakatsu. 2014. **Treatise on process metallurgy Vol. 1**. Kyoto University, Kyoto, Japan.
- Hine, R.A & Wei, M.W, **How Effective Are Aluminium Alloys**, ASM Speciality Edition, ASM International, 1993.
- Jones, DennyA., **Principle and Prevention of Corrosion**, 2nd ed, Macmilan Publishing Company, New York, 1990.
- Kolawole et al., J. Mater. 2018. *Mitigation of Corrosion Problem in API 5L Steel Pipeline*. University of Iagos. Nigeria.
- Mulyadi dan Sunitra, E. 2010. Kajian Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Sebagai Akibat dari Proses Karburisasi dan Proses Kuancing pada Material Gigi Perontok Power Thresher. **Jurnal Teknik Mesin**. Volume 7. Nomor 1. Halaman 33-49.
- Peabody, A. 2001. **control of pipeline corrosion, second edition**. Texas: NACE Internasional.
- R.F May, S.P. Wroe, **The Development of A New Sacrificial Anode Alloy**, Proceeding of 5th Asian Pacific Corrosion Control Conference, Victorian Branch, Australasian Corrosion Association Inc.1987.
- Revie, R. Winston. 2008. **Corrosion and Corrosion Control**. CANMET Materials Technology Laboratory. Natural Resources. Canada.
- Sialowska, Szklarska, **Pitting Corrosion Of Metal**, National Association of Corrosion Engineers 1440 South Creek Drive Houston, Texas 77084, 1986.
- Supomo, H., 1995, **Diktat Kuliah Korosi**, Surabaya : Jurusan Teknik Perkapalan
- Vargel Cristian, Michael Jacques dan Dr. Martin P.Schmidt. 2004. **Corrosion of Aluminium**. Netherlands : Elsevier Ltd.

Zaki, Ahmad. **Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control**. Saudi Arabia : Elsevier science and technology books, 2006.


Zang Jinglei, Guo Gonngyu, Sun Keliang, Hou Baorong,
**Elektrochemical Evaluation of Dissolution
Characteristic of Al-Basic Sacrificial Anodes in Sea
Water, 10th International Congress on Metallic Corrosion,**
Oxford & IBH Publishing Co. PVT – LTD, 1987.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)


LAMPIRAN

Lampiran 1: Uji Spektro

1. Komposisi Pipa *Low Carbon Steel*



PT. LDGARININDO SARIMULIA
 BONGKOR STEEL FABRICATOR
 Telp: (0271)8044440 - 41 Fax: (0271)8044402
 E-mail: ldgarinindo@ptgsarimulia.com
 www.ldgarinindo.com/ptgsarimulia.com



Method: Fe-01-F
 Comment: Orientation
 Sample Name: **2**
 Quality:

6/18/2019 1:35:18 PM
 Element concentration

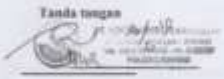
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.028	0.027	0.238	0.004	0.008	0.004	+0.002	0.004
2	0.020	0.010	0.241	0.004	0.007	0.000	+0.002	0.004
3	0.030	0.030	0.242	0.007	0.008	0.000	+0.002	0.008
*** (S)	0.040	0.020	0.240	0.004	0.008	0.004	+0.002	0.004
ref	0.030	0.020	0.200	0.004	0.004	0.000	0.002	0.004
ref	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

	Al	De	Co	Mo	Ti	V	W	Pb
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.008	0.004	0.000	+0.000	+0.000	0.000	+0.000	+0.000
2	0.008	0.004	0.000	+0.000	+0.000	0.000	+0.000	+0.000
3	0.002	0.004	0.000	+0.000	+0.000	0.000	+0.000	+0.000
*** (S)	0.008	0.004	0.000	+0.000	+0.000	0.000	+0.000	+0.000
ref	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ref	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

	Ba	Mg	As	Zr	Bi	Cu	Ce	Sn
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.004	+0.000	0.000	+0.000	+0.000	0.000	+0.000	0.000
2	0.004	+0.000	0.000	+0.000	+0.000	0.000	+0.000	0.000
3	0.000	+0.000	0.000	+0.000	+0.000	0.000	+0.000	0.000
*** (S)	0.000	+0.000	0.000	+0.000	+0.000	0.000	+0.000	0.000
ref	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ref	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

	Fe	Q	Zn	La	Po
	%	%	%	%	%
1	0.000	+0.000	0.000	+0.000	0.0
2	0.000	+0.000	0.000	+0.000	0.0
3	0.000	+0.000	0.000	+0.000	0.0
*** (S)	0.000	+0.000	0.000	+0.000	0.0
ref	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ref	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tanda tangan



2. Komposisi Anoda Korban Aluminium

 **Kementerian Perindustrian**
REPUBLIK INDONESIA

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**
Jl. Jang Wadonono No. 360 Surabaya 60134, Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480
<http://baristand.surabaya.kemendagri.go.id/>

Nomor Analisa : P. 01012
Jenis Sampel : Logam Aluminium
Mark/Simbol : .

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
1	Uji Komposisi Kimia		
	Sesuai Cara uji Komposisi Kimia X-ray Fluorescence		
	Al	%	96.81
	Zn	%	2.78
	Pb	%	0.20
	Si	%	0.44
	Cl	%	0.12
	Pb	%	0.01


Surabaya, 20 Mei 2019
Cibakusuman Flecko
Baristand Surabaya, ST-MT
No. 11/104/1220212/1006

ORIGINAL
ASLI

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

3. Komposisi Pipa API 5L Grade B


PT. LOGAMINDO SARIMULIA
 IRON AND STEEL FOUNDRY
 Telp: (62-31) 8544540 - 41 Fax: (62-31) 8544542
 E-mail: Lisafoundry@gmail.com
 www.logamindoarimulia.com



Method: **Fe-01-F** 7/2/2019 8:55:30 AM
 Comment: **Orientation** Element concentration

Sample Name: **BAJA 1** Quality:

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.252	0.250	0.383	0.0157	0.0199	0.0167	< 0.0020	0.0081
2	0.233	0.236	0.384	0.0141	0.0193	0.0164	< 0.0020	0.0043
3	0.232	0.227	0.383	0.0122	0.0193	0.0164	< 0.0020	0.0040
< x > (3)	0.239	0.242	0.388	0.0140	0.0196	0.0165	< 0.0020	0.0048
sd	0.0114	0.0166	0.00049	0.0017	0.00032	0.00020	0.00000	0.0011
rnd	4.8	6.9	6.1	12.2	3.0	1.2	0.0	22.9

	Al	Ca	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.0074	0.0039	0.0090	< 0.0040	< 0.0010	0.00090	< 0.0100	< 0.0040
2	0.0063	0.0024	0.0078	< 0.0040	< 0.0010	0.00068	< 0.0100	< 0.0040
3	0.0059	0.0021	0.0077	< 0.0040	< 0.0010	0.00074	< 0.0100	< 0.0040
< x > (3)	0.0068	0.0026	0.0078	< 0.0040	< 0.0010	0.00074	< 0.0100	< 0.0040
sd	0.00076	0.00044	0.00018	0.00000	0.00000	0.00006	0.00000	0.00000
rnd	11.8	12.8	2.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0

	Sn	Mg	As	Zr	Bi	Ce	Ce	Sb
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.0090	0.0018	0.0124	< 0.0018	< 0.0030	0.0041	< 0.0030	< 0.0030
2	0.0049	0.0014	0.0123	< 0.0018	< 0.0030	0.0029	< 0.0030	< 0.0030
3	0.0046	0.0013	0.0117	< 0.0018	< 0.0030	0.0026	< 0.0030	< 0.0030
< x > (3)	0.0048	0.0015	0.0121	< 0.0018	< 0.0030	0.0032	< 0.0030	< 0.0030
sd	0.00019	0.00029	0.00033	0.00000	0.00000	0.00077	0.00000	0.00000
rnd	3.9	18.8	2.8	0.0	0.0	24.1	0.0	0.0

	Ta	B	Zn	La	Pb
	%	%	%	%	%
1	0.0018	0.00081	0.0304	< 0.0010	99.8
2	0.0020	0.00084	0.0345	< 0.0010	99.8
3	0.0021	< 0.00050	> 0.0340	< 0.0010	99.8
< x > (3)	0.0020	0.00078	0.0386	< 0.0010	99.8
sd	0.00016	0.00022	0.0128	0.00000	0.0200
rnd	7.8	25.4	31.9	0.0	0.0

Tanda tangan

(Halama ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Ifthar Muhammad Ghazy, lahir di Jakarta pada tanggal 12 September Hanibal dan Ayustine Dyah. Penulis menempuh pendidikan di SDS Yasporbi III, SMPIT Nurul Fikri, 1997. Merupakan Anak ketiga dari pasangan SMAIT Nurul Fikri, hingga saat ini masih menjalani kuliah di Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Dalam riwayat pendidikan penulis telah menjalani organisasi seperti Staff hubungan luar BEM FTI-ITS 2016-2017, Staff Humas LDJ Ash-haabul Kahfi 2016-2017, Staff Ahli hubungan luar HMMT FTI-ITS 2017-2018, Kepala Departemen Humas Ash-haabul Kahfi 2017-2018. Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PT. Timah unit Metalurgi Muntok yang terletak di pulau bangka. Tugas akhir ini sebagai kontribusi penulis dalam dunia riset dan penulis memilih topik korosi (Proteksi Katodik). Alamat email Iftharmg@gmail.com dan nomor handphone 081224634760.