

Proteksi Katodik dengan Menggunakan Anoda Korban pada Struktur Baja Karbon dalam Larutan Natrium Klorida

Rahmat Ilham, Komalasari, Rozanna Sri Irianty

Jurusan S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293
Telp. (0761) 63266 Fax. (0761) 63279, 65593

Email : rilham.matt@yahoo.co.id

ABSTRACT

Pipe installation of oil and gas processing are located on land or at sea are generally made of carbon steel are susceptible to corrosion by the environment. A system to protect the corrosion of carbon steel is a sacrificial anode cathodic protection. Sample material used is low carbon steel with aluminum and zinc sacrificial anodes. Test condensation used is NaCl at a concentration of 500 ppm, 5.000 ppm, 15.000 ppm and 30.000 ppm then performed by varying the distance between the anode and cathode at a distance of 2 cm, 3 cm and 4 cm. The results using the sacrificial anode aluminum and zinc. Where the best results in the sacrificial anode aluminum with carbon steel corrosion rate of 1,08 mpy for NaCl concentration of 500 ppm with the distance between electrodes 2 cm.

Keywords: *sacrificial anode, NaCl, corrosion rate, cathodik protection.*

1. PENDAHULUAN

Korosi merupakan faktor utama yang mempengaruhi umur panjang dan kehandalan pipa yang mengangkut sumber energi penting di seluruh bangsa. Hasil penelitian di Amerika menunjukkan bahwa biaya yang ditimbulkan oleh korosi diperkirakan sebesar 3,1% dari *Gross National Product*. Selain mengurangi biaya secara substansial, pencegahan korosi dan kontrol sangat penting untuk melindungi keselamatan publik dan lingkungan (NACE, 1999).

Perlindungan dengan anoda korban seng dan aluminium mempunyai kelebihan diantaranya lebih sederhana, stabil dan biaya perawatan yang lebih rendah, dasar pemilihan ini seharusnya atas pertimbangan kinerja kedua jenis anoda korban tersebut yang meliputi; massa jenis, potensial proteksi, tegangan

dorongan, kapasitas dan efisiensi yang dihasilkan (Juliana, *dkk.*, 1999).

Isni Utami (2009) telah melakukan penelitian pada baja AISI SAE 1018 dalam lingkungan *aqueous* dengan waktu pencelupan 168 s/d 840 jam dengan anoda korban Al dan Zn. Dari analisa metoda kehilangan berat, baja tanpa proteksi mengalami laju korosi 9,4 mpy dan dengan proteksi Zn laju korosi baja 4,7 mpy dan anoda Al 1,6 mpy.

Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Juliana Anggono, *dkk* (1999) meneliti perbandingan kinerja anoda korban paduan aluminium dengan paduan seng dalam lingkungan air laut. Dari hasil penelitian menunjukkan anoda korban paduan aluminium menghasilkan arus galvanik dan kapasitas anoda yang

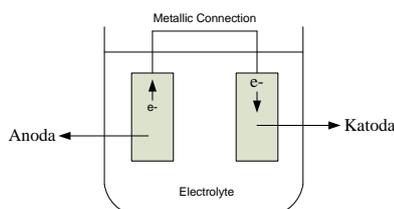
lebih besar dari pada paduan seng. Demikian pula efisiensi paduan aluminium lebih baik dan laju konsumsi anoda aluminium lebih rendah dari pada paduan seng.

Dari penelitian tersebut dengan metoda proteksi katodik dimana korosi menyerang logam yang memiliki potensial yang lebih rendah. Maka dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh dari variasi konsentrasi NaCl dan jarak anoda korban dari serangan korosi, kemudian analisa pengujian proteksi katodik dengan metoda kehilangan berat, sehingga dapat diketahui kinerja anoda korban aluminium dan seng dalam larutan NaCl.

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Ketika atom logam mengalami suatu reaksi korosi atom itu diubah menjadi sebuah ion melalui reaksi dengan unsur yang terdapat di lingkungannya.

Terdapat empat unsur pokok yang harus dipenuhi agar korosi dapat terjadi. Syarat-syarat yang terjadi dalam korosi pada sebuah logam:

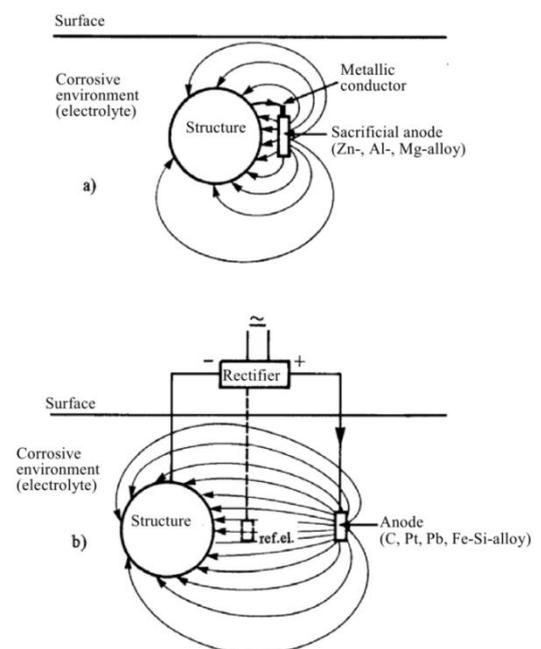
1. Anoda, tempat terjadinya reaksi oksidasi.
2. Katoda, tempat terjadinya reaksi reduksi.
3. Elektrolit adalah larutan yang mempunyai sifat menghantarkan listrik.
4. Sambungan logam.



Gambar 1. Sel korosi basah sederhana.

Natrium klorida menghasilkan suatu medium korosi yang sangat agresif bila dilarutkan didalam media air, tingkat korosi sama dengan air laut. Apabila suatu bahan ionik dilarutkan ke dalam air maka ion-ionnya memisahkan diri dan menyebar secara acak di antara molekul-molekul air.

Proteksi katodik dengan anoda korban terjadi saat sebuah logam yang dilindungi sebagai katoda dihubungkan dengan logam yang lebih reaktif sebagai anoda. Dimana material anoda mempunyai beda potensial yang menghasilkan arus listrik sehingga material katoda akan menerima elektron.



Gambar 2. Proteksi katodik a. anoda korban dan b. *impressed current* (Bardal, E., 2004)

Perlindungan korosi dengan anoda korban ada dua jenis proteksi katodik, yaitu dengan metoda anoda korban (*sacrificial anode*) dan dengan metoda arus terpasang (*impressed current*). Anoda korban relatif lebih murah, mudah

dipasang bila dibandingkan dengan metoda arus tanding. Keuntungan lainnya adalah tidak diperlukannya peralatan listrik yang mahal dan tidak ada kemungkinan salah arah dalam pengaliran arus (Trethewey, 1991).

Prinsip dari proteksi katodik dengan sistem anoda korban adalah memperlakukan logam yang akan dilindungi sebagai katoda dengan cara menghubungkan logam tersebut dengan logam yang memiliki potensial yang lebih rendah (*more active*). Logam yang memiliki potensial yang lebih rendah ini akan berfungsi sebagai anoda sehingga disebut sebagai anoda korban (Abdoel, G., 2011).

Pengukuran laju korosi berdasarkan kehilangan berat dapat dinyatakan sebagai besarnya kehilangan berat. Logam yang diuji persatuan luas permukaan persatuan waktu. Laju penetrasi dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut (NACE Standard, 2005):

$$CR = \frac{365 \times 1.000 \times W}{\rho \times A \times T \times (2,54)^3}$$

Dimana :

CR = laju korosi (mpy)

W = Berat yang hilang (gram)

ρ = Densitas logam (gram/cm³)

A = Luas permukaan logam (in²)

T = Waktu (hari)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah (*API 5L Grade B*), aluminium, seng, aquadest, NaCl p.a dan etanol sedangkan alat yang digunakan adalah tang, neraca analitik, oven dan desikator.

Variabel tetap yaitu jenis katoda: baja karbon rendah dengan ukuran katoda: 3 cm x 4 cm x 0,1 cm dan jenis pelarut Natrium Klorida (NaCl). Variabel berubah yaitu jenis anoda: aluminium (Al) dengan ukuran 3 cm x 4 cm x 0,1 cm, seng (Zn) dengan ukuran 3 cm x 4 cm x 0,08 cm dan jarak anoda ke katoda : 2 cm, 3 cm, dan 4 cm dan konsentrasi NaCl: 500 ppm, 5.000 ppm, 15.000 ppm dan 30.000 ppm.

Pengujian korosi dilakukan dengan metoda proteksi katodik anoda korban, mengacu pada standar ASTM G1-90. "Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens". Kehilangan berat spesimen dipakai menjadi perhitungan laju korosi.

Prosedur penelitian dibagi menjadi tiga tahapan yaitu preparasi spesimen, pengujian tanpa proteksi dan pengujian dengan proteksi katodik anoda korban. Preparasi spesimen dilakukan dengan cara diamplas kemudian dibersihkan dengan larutan etanol dan timbang berat masing-masing material.

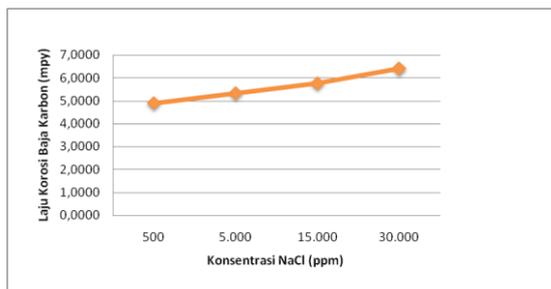
Baja karbon dan anoda korban yang telah dipreparasi selanjutnya dilakukan pengujian dengan uji celup tanpa proteksi dan proteksi katodik anoda korban dengan variasi jarak antar anoda dan katoda kemudian direndam dalam larutan NaCl dengan masing-masing perbedaan konsentrasi (ppm) selama 10 hari kemudian diangkat untuk dihitung laju korosinya dengan metoda kehilangan berat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Laju Korosi Baja Karbon Rendah di Lingkungan NaCl

Konsentrasi NaCl (ppm)	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram)	Laju Korosi (mpy)
500	5,32	5,252	0,068	4,9008
5.000	5,41	5,336	0,074	5,3332
15.000	5,336	5,256	0,08	5,7656
30.000	5,529	5,44	0,089	6,4142

Dari tabel 1 terlihat bahwa laju korosi semakin meningkat dengan naiknya konsentrasi NaCl. Pada konsentrasi NaCl 500 ppm laju korosi baja karbon sebesar 4,9 mpy dan dengan semakin meningkatnya konsentrasi NaCl akan meningkatkan laju korosi baja karbon dimana konsentrasi 30.000 ppm sebesar 6,41 mpy



Gambar 3. Laju korosi baja karbon terhadap konsentrasi NaCl

Gambar 3 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi NaCl maka semakin tinggi pula korosi baja karbon. Baja akan mengalami korosi karena adanya ion Cl^- , dimana ion Cl^- akan memecah lapisan pasif pada baja karbon atau mencegah pembentukan lapisan pasif pada baja karbon (Uhlig, 1985), saat bersentuhan dengan permukaan logam, ion Cl^- akan melarutkan ion-ion logam dan memudahkan ion-ion tersebut masuk ke larutan.

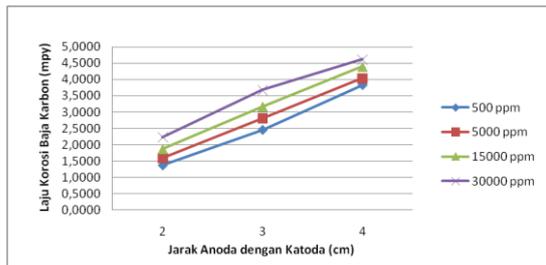
Pada tabel 2 dan 3, jelas sekali bahwa pengurangan berat yang terjadi

pada baja yang diproteksi dengan aluminium lebih efektif dibandingkan dengan yang terjadi pada pengurangan berat pada baja karbon yang diproteksi dengan seng.

Tabel 2. Laju korosi Baja Karbon yang dilindungi Anoda Korban Zn

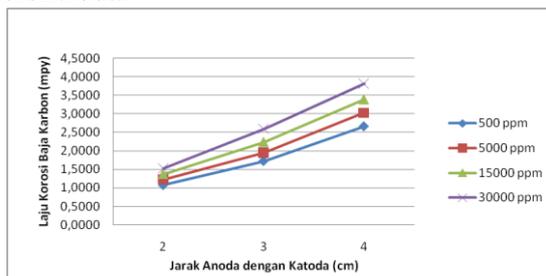
NaCl (ppm)	Jarak (cm) A : K	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram)	Laju Korosi (mpy)
500	2	5,371	5,352	0,019	1,3693
	3	5,429	5,395	0,034	2,4504
	4	5,481	5,428	0,053	3,8197
5.000	2	5,185	5,163	0,022	1,5855
	3	5,406	5,367	0,039	2,8107
	4	5,554	5,498	0,056	4,0359
15.000	2	5,308	5,282	0,026	1,8738
	3	5,367	5,323	0,044	3,1711
	4	5,303	5,242	0,061	4,3963
30.000	2	5,054	5,023	0,031	2,2342
	3	5,438	5,387	0,051	3,6756
	4	5,243	5,179	0,064	4,6125

Pada tabel 2 terlihat bahwa hasil pengujian dengan metoda kehilangan berat laju korosi dengan konsentrasi 500 ppm dengan jarak antar seng dan baja karbon 2 cm laju korosi baja karbon sebesar 1,37 mpy dan pada jarak antar elektroda 3 cm dan 4 cm korosi baja karbon mengalami peningkatan yaitu sebesar 2,45 mpy dan 3,82 mpy dan pada peningkatan konsentrasi NaCl berikutnya laju korosi berbanding linier terhadap pengaruh jarak antar anoda dan katoda. Anoda korban Zn tidak begitu efektif untuk perlindungan dengan jarak antar elektroda 3 cm dan 4 cm dikarenakan pengaruh dari potensial tidak begitu negatif dari anoda Zn terhadap logam yang dilindungi dan anoda Zn cepat terkorosi oleh tingginya konsentrasi ion-ion NaCl terlarut yang menyebabkan tidak efektifnya arus listrik yang mengalir ke larutan elektrolit. Hal ini sesuai dengan teori Jones (1992) dimana potensial korosi anoda harus lebih negatif terhadap logam yang dilindungi untuk mendorong arus protektif yang melalui elektrolit.



Gambar 4. Grafik perbandingan jarak antara anoda korban seng dengan laju korosi baja karbon

Dari gambar 4 terlihat bahwa data yang diperoleh dengan jarak antar elektroda 2 cm anoda seng bekerja secara efektif pada konsentrasi NaCl 500 ppm laju korosi sebesar 1,4 mpy. Tingkat paling korosi pada jarak 4 cm dengan konsentrasi NaCl 30.000 ppm laju korosi sebesar 4,6 mpy dimana energi yang dihasilkan oleh anoda seng tidak efektif yang berpengaruh terhadap mobilitas ion menjadi semakin rendah melewati elektrolit sehingga daya hantar listriknya semakin rendah. Hal ini menunjukkan pengaruh dari jarak antar elektroda, dimana semakin jauh jarak elektroda dan semakin besar konsentrasi larutan elektrolit maka konduktifitasnya semakin rendah. Hal ini menurut Juliana, *dkk.*,(1999) disebabkan adanya tahanan dari elektrolit yang mengakibatkan tidak efektifnya energi yang dihasilkan elektroda.



Gambar 5. Grafik Perbandingan antara jarak anoda korban Aluminium dengan laju korosi baja karbon

Dari gambar 5 terlihat bahwa laju korosi baja karbon dengan anoda korban aluminium lebih efektif dengan jarak yang lebih dekat, dengan konsentrasi 500 ppm laju korosi sebesar 1,08 mpy pada konsentrasi 5.000 ppm laju korosi 1,22 mpy, konsentrasi 15.000 ppm laju korosi sebesar 1,36 mpy dan konsentrasi 30.000 ppm laju korosi 1,5 dengan jarak masing-masing sama yaitu 2 cm, sehingga dapat dikatakan bahwa reaksi anoda mengalirkan elektron ke katoda mencapai kesetimbangan yang dinamis.

Tabel 3. Laju korosi Baja Karbon yang dilindungi Anoda Korban Al

NaCl (ppm)	Jarak (cm) A : K	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram)	Laju Korosi (mpy)
500	2	5,413	5,398	0,015	1,0811
	3	5,587	5,563	0,024	1,7297
	4	5,482	5,445	0,037	2,6666
5.000	2	5,468	5,451	0,017	1,2252
	3	5,526	5,499	0,027	1,9459
	4	5,305	5,263	0,042	3,0269
15.000	2	5,44	5,421	0,019	1,3693
	3	5,287	5,256	0,031	2,2342
	4	5,161	5,114	0,047	3,3873
30.000	2	5,292	5,271	0,021	1,5135
	3	5,509	5,473	0,036	2,5945
	4	5,421	5,368	0,053	3,8197

Bila ditinjau dari perbandingan jarak antara anoda dan katoda terlihat pada tabel 2 dan tabel 3 bahwa terjadi peningkatan laju korosi baja karbon dengan perbandingan jarak antara elektroda. Tingginya kandungan ion Cl⁻ pada konsentrasi 30.000 ppm dengan laju korosi 3,82 mpy dengan jarak antara elektroda 4 cm mengakibatkan serangan korosi yang dapat menurunkan arus dari aluminium. Dimana menurut Parthasarady, (1998) besar arus listrik yang mengalir pada elektrolit dipengaruhi oleh beda potensial yang diberikan kepada elektroda, tahanan dari larutan, jarak elektroda dan luas permukaan elektroda.

NaCl (ppm)	Jarak (cm) A : K	Laju Korosi (mpy)		Penurunan dengan Al (%)	Penurunan dengan Zn (%)
		Proteksi dengan Aluminium	Proteksi dengan Seng		
500	2	1,0811	1,3693	77,9	72,1
	3	1,7297	2,4504	64,7	50,0
	4	2,6666	3,8197	45,6	22,1
5.000	2	1,2252	1,5855	77,0	70,3
	3	1,9459	2,8107	63,5	47,3
	4	3,0269	4,0359	43,2	24,3
15.000	2	1,3693	1,8738	76,2	67,5
	3	2,2342	3,1711	61,3	45,0
	4	3,3873	4,3963	41,3	23,8
30.000	2	1,5135	2,2342	76,4	65,2
	3	2,5945	3,6756	59,6	42,7
	4	3,8197	4,6125	40,4	28,1

Pada tabel 4 variasi dari jarak antara elektroda yang dilakukan pada konsentrasi NaCl untuk memperoleh efisiensi dari baja yang dilindungi. Dari hasil penelitian, didapat bahwa efisiensi perlindungan terbaik pada perlindungan anoda korban aluminium dan seng pada konsentrasi NaCl 500 ppm dengan jarak 2 cm dengan tingkat efisiensi sebesar 77,9% dan pada anoda korban seng 72,1%. Efisiensi laju korosi baja karbon

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Proteksi katodik metoda anoda korban efektif digunakan untuk jarak 2 cm dimana laju korosi sebesar 1,08 mpy pada anoda aluminium dan pada anoda seng sebesar 1,3 mpy.

Semakin jauh jarak struktur logam yang akan diproteksi akan menyebabkan menurunnya kapasitas dan efisiensi anoda korban.

Untuk pengembangan penelitian dengan cara mengkombinasikan metoda anoda korban dengan metoda pencegahan korosi lainnya dan perlu menggunakan pengukuran potensiostat untuk pengoptimalkan anoda korban.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdoel Goffar. 2011. Rancangan Dasar Perhitungan Proteksi Katodik Dengan Menggunakan Anoda Korban pada Struktur Baja Anjungan Minyak di Lingkungan Air Laut. *Majalah LPL*. Vol 45. Hal 82. Jakarta.
- ASTM G1-90. 1999. *Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens*. Reapproved. United States.
- Bardal Einar. 2004. *Corrosion and protection*. Springer. London.
- Isni Utami. 2009. Proteksi Katodik dengan Anoda Tumbal Sebagai Pengendali Laju Korosi Baja Dalam Lingkungan Aqueous. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 3. No 2. Hal 240-245. Jawa Timur.
- Jones Denny A, 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. Macmillan Publishing Company, inc. New York.
- Juliana Anggono, Soejono Tjitro dan Victor Rizal Palapessy. 1999. Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium Dengan Paduan Seng Dalam Lingkungan Air Laut. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 1. No 2. Hal 89-99.
- NACE Standard RP0775. 2005. *Preparation, Installation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations*. No 21017. Houston.
- Pathasardhy, N. V. 1998. *Practical Electroplating Handbook*. Prentice Hall Inc. New Jersey USA
- Trethewey Kenneth R. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. Terjemahan Alex Tri Kantjono widodo. PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Uhlig Herbert H. 1985. *Corrosion and Corrosion Control*. Canada.