

ANALISIS PEMANFAATAN JEMBATAN GARAM KCl DAN NaCl TERHADAP LAJU KOROSI ELEKTRODA Zn PADA SEL VOLTA MENGGUNAKAN AIR LAUT SEBAGAI ELEKTROLIT

Gurum Ahmad Pauzi^{1a}, Arie Anjarwati^{1b}, Ahmad Saudi Samosir², Sri Ratna Sulistiyanti², Wasinton Simanjuntak³

⁽¹⁾Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145;

⁽²⁾Jurusan Teknik Elektro, FT, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145

⁽³⁾Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145

^a gurum@fmipa.unila.ac.id ; ^b arieanjarwati.24@gmail.com

Artikel Info

Diterima
tanggal
12.09.2019

Disetujui
publikasi
tanggal
31.10.2019

Kata kunci:
Cu, jembatan
garam, LED, sel
volta

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh jembatan garam terhadap laju korosi elektroda Zn pada Sel volta. Pasang elektroda Cu (Ag)-Zn digunakan untuk menghasilkan tegangan dan arus dalam sel dengan elektrolit air laut. Variasi jembatan garam menggunakan agar yang dilarutkan dengan 0,1 mol NaCl, 0,1 mol KCl, 1 mol NaCl, dan 1 mol KCl. Sel volta terdiri dari 20 sel yang tersusun secara seri, masing-masing sel diisi ± 300 ml air laut. Sel volta terhubung ke beban LED 3 watt 12 volt selama satu hari, dan 30 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jembatan garam NaCl 1 mol menghasilkan karakteristik listrik yang lebih tinggi dan laju korosi yang lebih tinggi pada elektroda Zn.

ABSTRACT

This research was conducted to analyze the effect of salt bridges on the corrosion rate of Zn electrodes on electrochemical cells. Pairs of Cu (Ag) -Zn electrodes are used to produce voltage and current in cells with seawater electrolytes. The salt bridge variation uses agar dissolved with 0.1 mol of NaCl, 0.1 mol of KCl, 1 mol of NaCl, and 1 mol of KCl. Voltaic cells consist of 20 cells arranged in series, each cell filled with ± 300 ml of seawater. Voltaic cells are connected to a 3 watt 12 volt LED load for one day, and 30 days. The results showed that the 1 mol NaCl salt bridge produced higher electrical characteristics and a higher corrosion rate to the Zn electrode.

PENDAHULUAN

Korosi adalah proses alami degradasi atau penghancuran suatu bahan atau logam yang terjadi ketika bereaksi dengan lingkungannya. Itu bisa terlihat atau tidak terlihat (Kruger and Bagum, 2016). Karena semua logam dan paduannya umumnya terkorosi, maka korosi pada mobil, perangkat mikroelektronika, berbagai industri minyak dan kimia, kano, sekam kapal, logam yang terpapar air laut, jembatan, jalan raya, dan saluran drainase tidak dapat dihindari (Roberge, 2012). Berbagai metode untuk mencegah atau menghambat laju korosi. Metode-metode ini biasanya meliputi: Penggunaan paduan sebagai pengganti logam murni, pelapisan

logam (organik atau anorganik), peningkatan desain logam (menghindari tekanan berlebihan, meminimalkan lekukan), perlindungan elektrokimia (perlindungan anodik (Kamalia dkk, 2018), penurunan suhu, mengurangi kecepatan cairan, menghilangkan oksigen dari lingkungan, menurunkan konsentrasi larutan, menggunakan penghambat korosi) dan lain-lain (Çek, 2014, Cicek, 2017). Selain korosi alami, terdapat pula korosi galvanik yaitu korosi yang terjadi apabila dua logam yang berbeda potensial berada dalam lingkungan elektrolit, tidak dihubungkan, dan menimbulkan aliran electron atau listrik diantara kedua logam (Bardar, 2003).

Sel volta atau sel galvanik adalah sumber tegangan yang terdiri dari dua buah elektroda yang memiliki beda deret potensial dalam suatu larutan elektrolit. Pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan tegangan listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasangan elektroda C-Zn, dan Cu-Al (Pauzi dkk, 2016). Dalam penelitian ini digunakan pasangan elektroda Cu(Ag)-Zn, dimana pemanfaatan Ag dilakukan untuk mengurangi korosi pada permukaan Cu. Elektroda Cu dilindungi dengan cara melapisinya dengan logam Ag menggunakan proses *electroplating* (Pauzi dkk, 2018a). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Cu(Ag) lebih tahan terhadap korosi oleh air laut dengan laju korosi 5 kali lebih rendah dibandingkan Cu. Pasangan elektroda Cu(Ag)-Zn menghasilkan nilai karakteristik elektrik yang lebih besar dan stabil dibandingkan Cu-Zn (Pauzi dkk, 2018b). Elektroda yang berfungsi sebagai anoda adalah elektroda yang mempunyai potensial korosi lebih negative sehingga anoda cenderung bersifat korosif (Winston, 2008). Laju korosi pada sel galvanik elektroda anodik Zn mengalami korosi lebih tinggi dibandingkan elektroda Katodik. Sehingga untuk mengatasi terjadinya korosi maka digunakannya jembatan garam. Jembatan garam berfungsi untuk menyeimbangkan elektrolit dengan memberi ion positif atau negatif (Badea et. al, 2007).

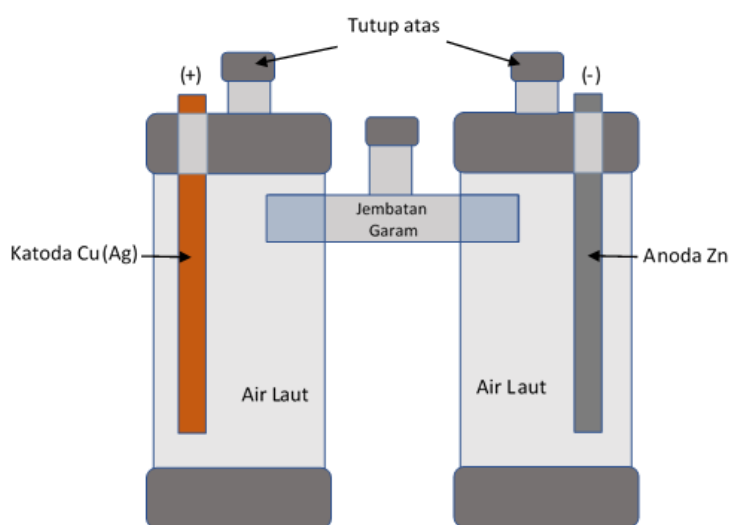
METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu LED DC 3 watt 12 volt, media tempat elektrolit berbentuk silender diameter 6 cm tinggi 12 cm (300 ml), timbangan digital TL-series (0,001 gr). Bahan yang digunakan adalah agar-agar, NaCl 0,1 mol, NaCl 1 mol, KCl 0,1 mol, KCL 1 mol, aquades, serabut Cu dielektroplating dengan Ag (Cu(Ag)) sepanjang 2 m, plat Zn 3,5x10 cm dan Air laut yang telah disaring.

Prosedur

Pada tahap pertama; dilakukan perancangan dan pembuatan sistem sel volta yang tersusun dari 20 sel dalam wadah tertutup. Elektroda yang digunakan berisi pasangan Cu(Ag)-Zn dalam satu sel. Jembatan garam yang digunakan terbuat dari agar-agar di campur larutan NaCl 0,1 mol pada percobaan pertama, KCl 0,1 mol untuk percobaan kedua, NaCl 1 mol dan KCl 1 mol untuk percobaan ketiga dan keempat. Sebelum elektroda Zn dimasukkan ke dalam sel volta, terlebih dahulu dilakukan penimbangan massa Zn untuk mendapatkan massa awal (m_0). Desain sel volta seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain satu sel volta dan jembatan garam

Pada tahap kedua; menghubungkan tiap sel secara seri sebanyak 20 sel, kemudian dilakukan pengujian dengan menghubungkan dengan hambatan LED DC 3 watt 12 volt selama satu hari (24 jam) untuk tiap konsentrasi jembatan garam. Pada tahap ketiga; setelah 24 jam dilakukan penimbangan elektroda Zn untuk mendapatkan massa akhir (m_f) menggunakan alat ukur berupa timbangan digital TL-series (0,001 gr). Data perhitungan yang diambil berupa laju korosi yang dihitung dengan metode kehilangan massa (*pers. 1*). Pengulangan diambil dari tiga sampel elektroda Zn yang diambil secara random.

$$r = \frac{Km}{\rho AT} \quad (1)$$

dengan:

r = Laju korosi (mm/hari);

K = Konstanta ($8,76 \times 10^4$);

$m = m_0 - m_1 = \text{massa awal} - \text{massa akhir (gr)}$;

$\rho = \text{Densitas (gr/cm}^3\text{)}$;

$A = \text{Luas permukaan (cm}^2\text{)}$;

$T = \text{Waktu (jam)}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Laju Korosi Elektroda Zn

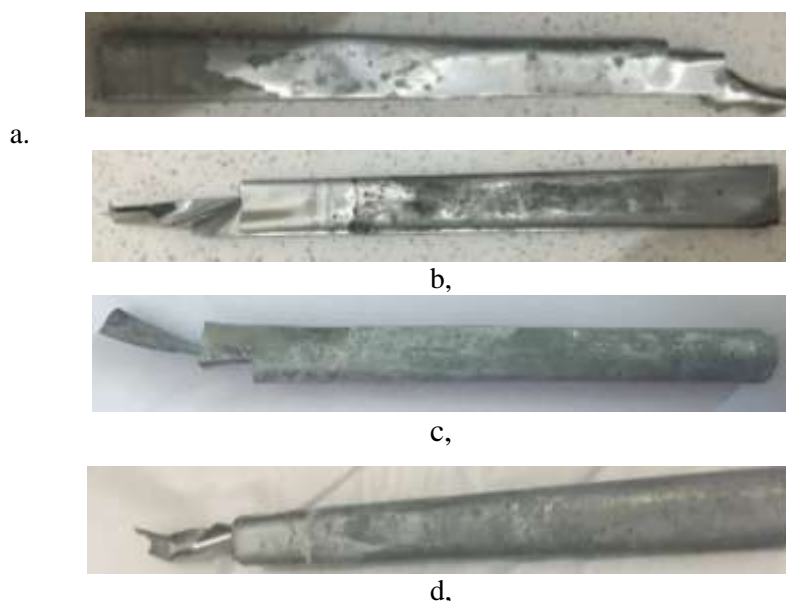
Hasil perhitungan laju korosi elektroda Zn pada sel volta menggunakan jembatan garam NaCl dan KCl yang berbeda konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 1, 2, 3, dan 4.

Tabel 1. Laju korosi elektroda Zn setelah digunakan sebagai sel volta selama 1 hari

Elektroda	Laju korosi elektroda Zn (mm/year)			
	NaCl 0,1 mol	NaCl 1 mol	KCl 0,1 mol	KCl 1 mol
1	0,088	0,365	-0,073	-0,365
2	0,029	0,058	-6,091	-0,394
3	0,088	0,058	-6,646	-0,190
Rata-rata	0,068	0,160	-4,27	-0,316

Pada Tabel 1, laju korosi Zn pada sel yang menggunakan jembatan Garam NaCl cenderung lebih besar dibandingkan dengan jembatan garam menggunakan KCl, Pada KCl, setelah dilakukan pengukuran massa dan perhitungan laju korosi pada Zn, ternyata menghasilkan nilai negatif (KCl 0,1 mol dan 1 mol masing-masing -4,27 dan -3,16 mm/year), Hal ini disebabkan massa akhir setelah penimbangan tidak berkurang, dan terdapat massa tambahan disebabkan munculnya endapan berupa lapisan membran pada permukaan Zn, Endapan tersebut sebagai akibat adanya mineral atau senyawa organik atau anorganik yang ikut terlarut dari dalam air laut secara alami (Cruz et al, 2017), Laju korosi pada Zn dengan jembatan garam NaCl menunjukkan nilai positif, meskipun nilai hasil perhitungan ini kecil dengan rata-rata 0,068 mm/year untuk NaCl 0,1 mol dan 0,160 mm/year untuk konsentrasi 1 mol, Hal ini disebabkan larutan elektrolit yang digunakan adalah air laut dengan NaCl sebagai senyawa terlarut sedangkan jembatan garam sendiri adalah NaCl, Hal ini menyebabkan elektron lebih mudah untuk berpindah dari satu kompartemen (bagian) ke kompartemen lainnya (Arizal dkk, 2017 dan Haman dkk., 1998), Berikut ini adalah gambar

kondisi elektroda Zn pada berbagai konsentrasi jembatan garam selama 1 hari digunakan sebagai sel volta,



Gambar 2, Elektroda Zn setelah penggunaan selama satu hari sebagai sel volta a) jembatan garam 0,1 mol KCl, b) Dengan jembatan garam NaCl 0,1 mol c), dengan jembatan garam 1 mol KCl, d), dengan jembatan garam 1 mol NaCl,

Dari Gambar 2 di atas terlihat bahwa kondisi Zn dengan konsentrasi yang sama menunjukkan korosi lebih terlihat pada jembatan garam NaCl dibandingkan dengan KCl,

Analisis Arus dan Tegangan pada sel volta dengan variasi jembatan garam

Pengukuran besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel volta adalah seperti pada tabel 2 dan tabel 3, Beban LED 3 watt 12 volt di hubungkan pada sel volta, Pengukuran merupakan hasil rata-rata pengamatan arus dan tegangan tiap sel selama 24 jam dengan pengambilan data setiap 1 jam,

Tabel 2, Tegangan sel volta dengan berbagai jembatan garam selama 24 jam

Jenis Jembatan Garam	Tegangan sel (Volt)			
	NaCl 0,1 mol	NaCl 1 mol	KCl 0,1 mol	KCl 1 mol
Tegangan rata-rata sel volta	12,281	15,367	8,221	12,142
Rata-rata tiap sel	0,614	0,768	0,411	0,607

Hasil pengukuran tegangan di atas merupakan pengukuran saat beban LED 3 watt 12 volt di lepaskan (tanpa beban), Tabel 2 menunjukkan bahwa tegangan rata-rata pada sel volta

dengan jembatan garam NaCl pada konsentrasi 0,1 mol dan 1 mol selalu lebih besar dari sel volta dengan jembatan garam KCl pada konsentrasi yang sama, Pada tegangan rata-rata setiap sel pada konsentrasi jembatan yang sama tidak terlalu terlihat selisih tegangan yang cukup jauh, Namun tinjauan dengan hanya mengamati variable tegangan tidak cukup lengkap tanpa melihat besarnya arus yang dihasilkan oleh sumber tegangan (sel volta), Berikut ini adalah pengukuran arus yang mengalir pada beban seperti terlihat pada Tabel 3,

Tabel 3, Pengukuran arus sel volta dengan berbagai jembatan garam selama 24 jam

Elektroda	Arus sel (mA)			
	NaCl 0,1 mol	NaCl 1 mol	KCl 0,1 mol	KCl 1 mol
Rata-rata 24 jam sel volta	0,216	1,842	0,022	0,530
Rata-rata tiap 1 sel	0,010	0,092	0,011	0,027

Pada Tabel 3, meskipun selisih tegangan antara NaCl dan KCl pada konsentrasi yang sama tidak besar namun arus yang dihasilkan pada konsentrasi yang sama berbeda cukup jauh, Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hambatan dalam yang cukup tinggi pada jembatan garam KCl, konduktifitas yang kecil sangat berpengaruh pada besarnya arus dan daya yang dihasilkan oleh sel volta,

Pengamatan menunjukkan bahwa terdapat korelasi laju korosi (Tabel 1) terjadi dengan semakin besarnya arus yang dihasilkan oleh sel volta (tabel 3), Hal ini disebabkan apabila dua unsur di celupkan dalam larutan elektrolit dengan sumber arus maka yang mengalami korosi adalah material yang lebih anodik (Tretheway, 1991), Arus yang mengalir melewati elektrolit NaCl menghasilkan performa nilai yang lebih optimum sehingga terjadi korosi pada anoda (Ulfa dkk, 2015), Hal ini menunjukkan bahwa laju korosi sebanding dengan besarnya arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel volta, Tabel 2 dan tabel 3 menunjukkan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh jembatan garam NaCl pada konsentrasi 1 mol rata rata selama 24 jam menghasilkan nilai terbesar nilai, hal ini sebanding dengan laju korosi pada anoda Zn,

Tabel 4, Laju korosi elektroda Zn dengan jembatan garam NaCl 1 mol selama 30 hari

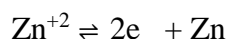
Elektrode	Laju korosi elektroda Zn (mm/year)
1	0,420
2	0,338
3	0,349
Rata-rata	0,369

Pengamatan laju korosi Zn selanjutnya difokuskan pada sel volta dengan jembatan NaCl 1 mol selama 30 hari, Pengamatan ini lakukan dengan tetap memberikan beban pada LED 3 watt 12 volt, Seperti ditunjukkan pada Tabel 4, Data massa Zn diambil secara random dari 20 sel volta, Adapun kondisi elektroda selama setelah digunakan selama 30 hari sebagai sel volta dengan jembatan garam NaCl seperti pada Gambar 3,



Gambar 3, Elektroda Zn setelah 30 hari digunakan sebagai sel volta dengan jembatan garam NaCl 1 mol

Gambar 3 terlihat bahwa permukaan elektroda Zn sudah terjadi degradasi akibat terjadinya korosi tetapi kondisi elektroda masih mampu untuk digunakan pada penggunaan lebih lanjut, Pada Tabel 1, hari pertama rata-rata belum terjadi korosi yang signifikan, namun pada hari ke 30 terjadi peningkatan laju korosi 0,369 mm/years, Semakin lama elektroda Zn akan mengalami korosi terus menerus seiring bertambahnya waktu pakai elektroda sampai elektroda Zn habis (Pauzi dkk, 2018), Hal ini disebabkan karena Zn mengalami pelepasan elektron terus menerus dalam waktu yang lama, dan elektrolit air laut mengalami penambahan tingkat keasamaan pH elektrolit air laut (Wisudyaningsih dkk, 2014), Logam Zn akan terurai didalam elektrolit yang juga mengandung ion-ion Zn, Ion-ion (Zn^{2+}) akan terbawa kemudian mengendap pada permukaan Katoda dan berubah menjadi atom-atom seng, Pada kondisi ini terjadi reaksi reduksi ion seng menjadi logam seng sebagai berikut (Ansari dkk, 2017):



Peristiwa ini mengakibatkan terbentuknya suatu lapisan garam sehingga jika menempel pada permukaan katoda akan menimbulkan gangguan terbentuknya lapisan struktur mikro, Variasi korosi Zn dengan pH berkaitan dengan arus katodik, Laju korosi galvanik turun pada kisaran

pH 7 hingga 10, Sehingga diprediksi kisaran pH ini tidak menyebabkan korosi berjalan efektif (Thomas et, al, 2012),

Pengendalian laju transfer elektron pada Zn dapat dilakukan untuk mengurangi laju korosi (Prabhu et, al, 2012), Adanya jembatan garam akan mengurangi laju transfer elektron antar kompartemen secara langsung, Jembatan garam berfungsi untuk menyeimbangkan elektrolit pada tiap kompartemen dengan memberi ion positif atau negatif,

KESIMPULAN

Pemanfaatan jembatan garam berpengaruh pada laju korosi pada elektroda anodik, Pada penelitian ini, laju korosi pada Zn dipengaruhi oleh tingkat konduktifitas jembatan garam, Pada sel volta dengan elektrolit air laut, jembatan garam NaCl menghasilkan arus dan tegangan yang lebih besar dibandingkan KCl, sekaligus meningkatkan laju korosi pada Zn,

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Lampung atas bantuan dana hibah penelitian dan hibah *prototype*, Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika, Fisika Inti, dan Eksperimen atas Izin tempat Penelitian,

DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, I., Indra, B, W.,, Nurohmahwati, F., dan Zakaria, I., 2017, Pengaruh Waktu dan Luas Permukaan terhadap Ketebalan Produk Pada Elektroplating ACID ZINC, *Jurnal Teknik kimia*, Universitas Pamulung, Tangerang Selatan, Vol, 1, No, 1,
- Arizal F., Hasbi M., dan Kadir A, 2017, Pengaruh Kadar Garam terhadap daya yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Air Garam sebagai Energi Alternatif Terbarukan, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol, 2, No,2,
- Badea, G,E., I,Maior., A,Cojocar., I,Pantea., and T,Badea., 2007, Seawater Electrolysis for Hydrogen Production, *Revue Roumaine de Chimie*, 54(1), pp 55–61,
- Bardal, Einar, 2003, “*Corrosion and Protection*”, springer, Norway,
- Cek, N, 2014, “Reduction of copper corrosion effect using vaseline”, *13th International Corrosion Symposium*, Elazığ, Turkey, pp, 155-158,
- Cicek, V, 2017, *Corrosion Engineering and Cathodic Protection Handbook: With an Extensive Question and Answer Section*, Jhon Wille & Sons, USA,

- Cruz, O.R., E, Ávila, E, Mejía, T, Pérez, A, Contreras, R, Galván-Martínez, 2017, In situ Corrosion Study of Copper and Copper-Alloys Exposed to Natural Seawater of the Veracruz Port (Gulf of Mexico), *International Journal of Electrochemical Science*, Vol, 12 pp, 3133 – 3152, doi: 10.20964/2017, 04,27,
- Hamann, C,H., Hamnett, A., Vielstich, 1998, *Electrochemistry*, Wiley VCH, USA,
- Kamalia, L., Pauzi, G,A., Suciya, S,W., 2018, “Analisis Laju Korosi Elektrode Bahan Cu-Zn dengan Metode Sacrificial Anode Pada Sistem Energi Listrik alternatif Berbasis Air laut,” *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol, 06, no 02, pp 249-255,
- Kruger, J, Begum, S., 2016, *Corrosion of Metals: Overview,, Reference Module in Materials Science and Materials Engineering,, Elsevier*,
- Pauzi, G,A., Riski, K,C., Suciya, S,W., Junaidi, Surtono, A., Supriyanto, A., and Warsito, 2018a, Improvement of Electrical Characteristics of Electrochemical Cells made from Sea Water Using Electroplating Method of Cu (Ag)-Zn Electrode as Renewable Energy Source, *Proceeding 2ND International Conference Applied Sciences Mathematics and Informatics 2018*, Bandar Lampung, Indonesia,
- Pauzi, G, A., Arwaditha, R,K., Supriyanto, A., Suciya, S,W., Surtono, A., Junaidi, Warsito, (2018b), “Desain dan Realisasi Akumulator Elektrolit Air Laut dengan Penambahan Sodium Bicarbonate (NaHCO₃) sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Jurnal Fisika*, 8, (2), 78-8,
- Pauzi, G, A., Hudaya, E., Supriyanto, A., Warsito, dan Surtono, A, 2016, Analisis Uji Karakteristik Elektrik Air Laut sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan, *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika dan Aplikasinya IV*, Vol, 4, Hal, 1-8,
- Prabhu, R, A., Venkatesha., T,V., and Praveen, B, M., 2012, Electrochemical Study of the Corrosion Behavior of Zinc Surface Treated with a New Organic Chelating Inhibitor, *Research Article*, ISRN Metallurgy, ID 940107,
- Roberge, P,R., 2012, *Handbook of Corrosion Engineering*, Second ed, McGraw Hill,
- Thomas, N, Birbilis, M,S., and Venkatraman, I,S., 2012, Cole, *Corrosion of Zinc as a Function of pH*, *CORROSION* ;68(1):015009-1-015009-9,
- Trethewey, K., 1991, *General Chemistry*, 10th penyunt, Texas: Cengage Learning,
- Ulfia N., Samudro G., dan Sumiyati S., 2015, Pengaruh konsentrasi Chemical Oxygen Demand (Cod) dan Larutan Garam dalam Jembatan Garam terhadap Kinerja dual Chamber Microbial Fuel Cells (Dcmfcs), *Jurnal Teknik Lingkungan*,
- Winston, Revie R, 2008, *Corrosion And Corrosion Control An Introduction To Corrosion Science And Engineering Fourth Edition*, A John Wiley & Sons, Inc,
- Wisudyaningih B., Suwaldi., dan Kharisa A, N., 2014, Pengaruh pH dan Kekuatan Ionik terhadap Prol Kelarutan oksasin (Effects of pH and Ionic Strength on the Solubility Prole of oacin), *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, Vol, 12, No,1,