

KINERJA ANODA TUMBAL Al DAN Zn DALAM MENGENDALIKAN LAJU KOROSI BAJA ASTM A36 DI LINGKUNGAN NaCl 3,5%

Isni Utami*, Nur Moh Faiz Asrori, Kenangkana Natania

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur, 60249, Indonesia

*Penulis korespondensi: isniutami@yahoo.com

Abstrak

Baja merupakan salah satu bahan utama yang banyak digunakan dalam industri. Ketahanan dan umur pakai baja sangat dipengaruhi oleh lingkungannya, salah satunya adalah lingkungan *aqueous* yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan baja karena peristiwa korosi. Penanggulangan korosi dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya yaitu metode proteksi katodik, dengan cara memperlakukan struktur baja yang diproteksi sebagai katoda. Aplikasi dari metode proteksi katodik yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh temperatur terhadap kinerja anoda tumbal Al dan Zn dalam mengendalikan laju korosi baja ASTM A36 di lingkungan NaCl 3,5%. Penelitian dilakukan dengan variabel temperatur pada rentang 30°C sampai dengan 70°C, menggunakan anoda tumbal Al dan Zn di lingkungan NaCl 3,5%. Analisa hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan metode potensio dinamik. Hasil analisa diperoleh anoda tumbal terbaik dalam mengendalikan laju korosi adalah aluminium yaitu dengan nilai rata-rata efisiensi penurunan laju korosi anoda sebesar 99,99754 %, sedangkan anoda tumbal zinc sebesar 99,993%.

Kata kunci: anoda tumbal; laju korosi; proteksi katodik

PERFORMANCE OF AL AND ZN SACRIFICIAL ANODES IN CONTROLLING THE RATE OF ASTM A36 STEEL CORROSION IN NaCl ENVIRONMENT 3.5%

Abstract

Steel is one of the main materials that is widely used in industry. The durability and lifespan of steel is greatly influenced by the environment, including the *aqueous* environment which causes steel damage due to corrosion. Corrosion prevention can be done using several methods, one of which is the cathodic protection method, by treating the protected steel structure as a cathode. The application of the cathodic protection method was carried out in this research which aims to determine the effect of temperature on the performance of Al and Zn replacement anodes in controlling the corrosion rate of ASTM A36 steel in a 3.5% NaCl environment. The research was carried out with variable temperatures in the range of 30°C to 70°C, using Al and Zn sacrificial anodes in a 3.5% NaCl environment. Analysis of research results was carried out using the dynamic potentio method. The analysis results obtained that the best sacrificial anode in controlling the rate of corrosion is aluminum. with an average efficiency value for reducing the anode corrosion rate of 99.99754%, while the zinc sacrificial anode is 99.99288%.

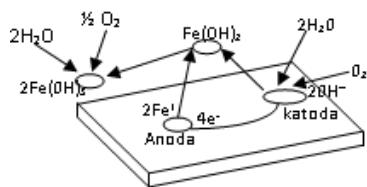
Keywords: sacrificial anode; corrosion rate; cathodic protection

PENDAHULUAN

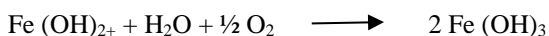
Baja merupakan salah satu bahan utama yang banyak digunakan dalam industri. Ketahanan dan umur pakai baja dalam industri dipengaruhi oleh lingkungan, diantaranya lingkungan *aqueous* dan pengotor dari industri yang dapat menyebabkan

kerusakan baja karena korosi. Korosi/pengkaratan baja merupakan suatu proses dimana baja sebagai bahan konstruksi bertransformasi dari keadaan semula menjadi produk yang lain karena berinteraksi dengan lingkungan. Reaksi elektrokimia korosi baja pada pH netral dapat dilihat pada Gambar 1. Baja dalam lingkungan *aqueous* pada pH netral Fe^{+2} akan

terhidrolisis membentuk senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang akan mengendap bila batas kelarutannya telah terlampaui, karena tidak stabil $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ini dapat teroksidasi membentuk karat $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Utami,2009).



Gambar 1. Reaksi korosi pada baja pada pH netral



Pada lingkungan *aqueous* laju korosi baja sangat dipengaruhi oleh suhu, hal ini disebabkan karena adanya oksigen terlarut. Dalam sistem terbuka kenaikan temperatur akan diikuti oleh penurunan kelarutan oksigen dalam media *aqueous*, karena oksigen dapat dibebaskan. Sebaliknya, dalam sistem tertutup oksigen tidak dibebaskan, sehingga semakin naik temperatur akan diikuti dengan peningkatan laju korosinya.

Metode pengendalian korosi pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu metode kinetika dan metode termodinamika. Metode kinetika pengendalian korosi dapat dilakukan dengan memberikan hambatan pada interaksi baja dengan lingkungannya sehingga laju korosinya dapat dikurangi, sedangkan pengendalian korosi dengan metode termodinamik penyelesaian langsung pada sumbernya yang diusahakan ditiadakan atau dialihkan kepada logam lain yang disebut proteksi katodik. Proteksi katodik merupakan pengendalian korosi struktur baja dalam lingkungan elektrolit dengan jalan membanjiri baja dengan electron, sehingga potensial baja terhadap lingkungan turun sampai potensial proteksi, dimana baja secara teknis dianggap tidak terkorosi.

Ditinjau dari sumber arus listriknya, metode proteksi katodik dibagi menjadi dua, yaitu pertama metode arus tandingan (*impressed current*), dan kedua metode anoda tumbal (*sacrificial anode*). Dalam metode arus tandingan, arus listrik searah diperoleh dari sumber luar, biasanya dari penyearah arus (*rectifier*), dimana kutub negatif dihubungkan ke logam yang dilindungi dan kutub positif dihubungkan ke anoda. Sedangkan pada metode anoda tumbal (*sacrificial anode*), logam dilindungi dengan cara menggunakan logam/paduan lain yang lebih reaktif, yang menghubungkannya dalam elektrolit. Arus listrik searah diperoleh dari reaksi Galvannis yang diciptakannya (Utami,2010).

Temperatur larutan sangat mempengaruhi laju korosi. Dalam media *aqueous*, korosi baja yang diakibatkan oleh oksigen sangat dipengaruhi oleh temperatur. Pada sistem terbuka, kenaikan temperatur akan diikuti penurunan kelarutan oksigen dalam

media *aqueous*, karena oksigen dapat dibebaskan. Sebaliknya, dalam sistem tertutup oksigen tidak dibebaskan, sehingga semakin naik temperatur, laju korosi semakin meningkat. Temperatur juga dapat mempercepat semua proses yang terlibat dalam peristiwa korosi, dimana terjadi peningkatan difusi oksigen pada permukaan logam akibat adanya peningkatan temperatur, sehingga laju korosi pun semakin meningkat. Adapun semakin meningkatnya temperatur, maka viskositas dari media *aqueous* semakin turun sehingga memudahkan oksigen terdifusi menuju permukaan logam. Hal ini akan meningkatkan laju korosi baja karena jumlah oksigen yang terlarut sebagian besar dikonsumsi dalam proses reduksi pada daerah katoda (Royani, 2020).

Baja ASTM A36 adalah standar Amerika yang struktural tujuan umum ASTM A36 adalah baja konstruksi yang umum digunakan memiliki kerapatan 7.800 kg/m^3 dan memiliki kekuatan luluh minimum 36 psi dan kekuatan tarik ultimit 58 hingga 80 psi. Baja ASTM A36 mempunyai komposisi kimia: 0,2 % Cu, 0,8-1,2 % Mn, 0,15-0,4 % Si, 0,29% C, 0% P, 0,05% S dan %Fe bal.

Metode anoda tumbal dilakukan dengan menghubungkan anoda eksternal dengan logam yang akan diproteksi dan melewatkan arus listrik searah (*direct current*) sehingga seluruh permukaan logam menjadi katodik dan karenanya tidak akan terkorosi. Eksternal anoda yang dipasang adalah anoda Galvanik dimana arus dihasilkan dari perbedaan antara dua logam. Sistem anoda tumbal dilakukan dengan memasang logam yang lebih reaktif sebagai anoda yang secara listrik terhubung langsung dengan baja yang akan diproteksi. Perbedaan potensial alami antara anoda dan baja, yang ditunjukkan dengan posisinya pada seri elektrokimia, menyebabkan arus positif mengalir dalam elektrolit dari anoda ke baja, sehingga keseluruhan permukaan baja menjadi bermuatan lebih negatif dan menjadi katoda. Logam yang sering digunakan sebagai anoda korban adalah Aluminium, seng dan Magnesium (Hastuti & Ridho, 2017).

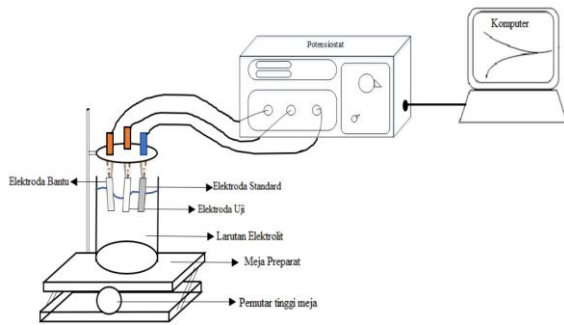
Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap kinerja anoda tumbal untuk mengendalikan laju korosi logam ASTM A36 menggunakan anoda tumbal Al, dan Zn dan menentukan anoda tumbal yang terbaik dalam mengendalikan laju korosi logam ASTM A36 dalam lingkungan NaCl 3,5%.

METODE PENELITIAN

Bahan

Pada penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan adalah bahan uji baja ASTM 36, anoda tumbal (Al, Zn) yang dibeli di distributor pabrik besi dan baja. Kemudian bahan-bahan penunjang seperti aquadest, dan NaCl 3,5% sebagai lingkungan yang bersifat korosif yang dibeli di toko bahan kimia.

Alat



Gambar 2. Rangkaian alat uji potensiostat

Seperangkat alat uji potensio dinamik (Gambar 2) terdiri dari:

1. Seperangkat alat potensio dinamik
2. Sel elektrolisis yang dilengkapi dengan bahan uji baja ASTM A36 (elektroda kerja); elektroda kalomel (elektroda standard) Ag/AgCl dan elektroda platina Pt (elektroda bantu)

Proses penelitian dilakukan dalam 3 tahap sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.

Tahap pertama preparasi material

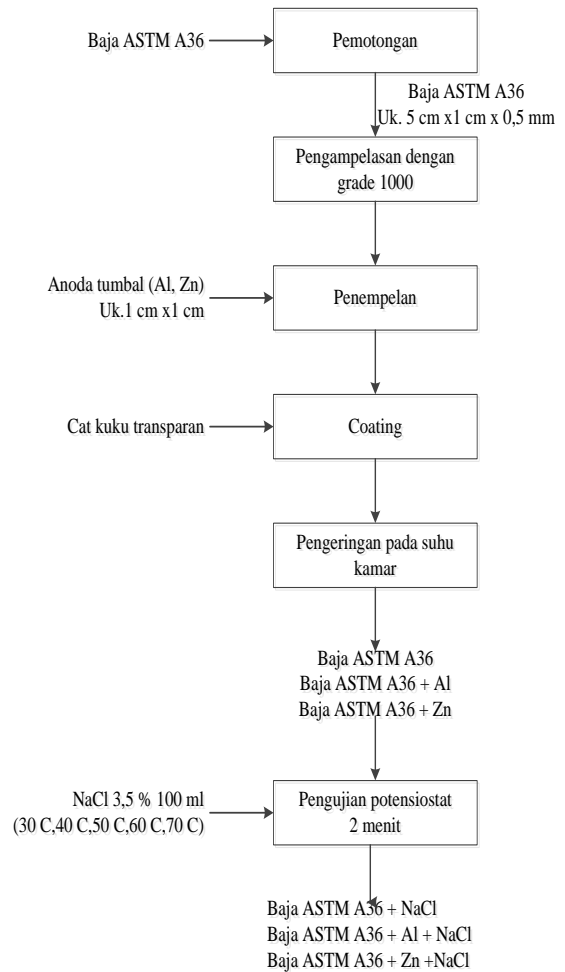
Baja ASTM A36 digunakan sebagai elektroda kerja dengan ukuran panjang 5 cm, lebar 1 cm dan tinggi 0,5 mm. Sampel baja diampelas terlebih dahulu dengan ukuran amplas *grade* 300 sampai dengan 1000 hingga halus. Selanjutnya, anoda tumbal disediakan dengan ukuran panjang 1cm dan lebar 1 cm. Setelah itu anoda tumbal ditempel pada permukaan baja ASTM A36 dengan cara disolder, untuk selanjutnya dilapisi dengan menggunakan cat kuku sampai menutupi seluruh permukaan baja kecuali luas area 2x1 cm.

Tahap kedua pembuatan larutan uji

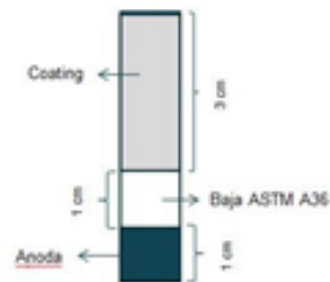
Pembuatan larutan NaCl 3,5% dengan cara melarutkan 35gram NaCl dengan aquadest sampai volume 1000 ml menggunakan labu takar 1000 ml.

Tahap ketiga pengujian dengan alat uji potensiostat dengan program potensio dinamik

Pertama larutan NaCl 3,5% dipanaskan sesuai dengan variabel yang ditetapkan yaitu pada temperatur 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, dan 70°C. Pengukuran laju korosi dilakukan dengan metode uji polarisasi, elektroda kerja dipasang pada sel elektrokimia berhadapan dengan elektroda bantu Pt dan elektroda kalomel Ag/AgCl. Potensiostat dinyalakan dan dikoneksikan dengan software hingga akan muncul di layar monitor kurva polarisasi tafel. Setelah pengujian selesai maka akan dihasilkan kurva polarisasi tafel dan parameter-parameternya. Pengujian sampel dilakukan selama 120 detik.



Gambar 3. Diagram alir penelitian



Gambar 4. Rangkaian benda kerja, spesimen baja ASTM A36

Perhitungan analisis

Perhitungan efisiensi penurunan laju korosi (%eff) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$\%Eff = \frac{CR_{blanko} - CR_{anoda}}{CR_{blanko}} \times 100\% \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

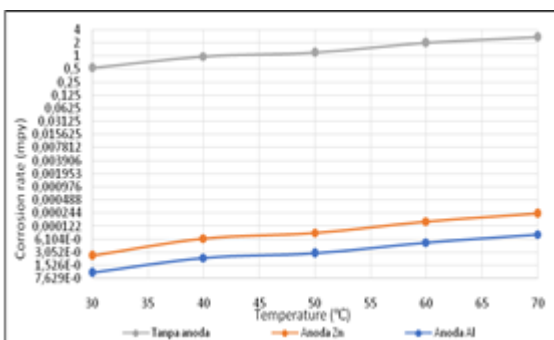
Hasil pengamatan pengaruh temperatur terhadap laju korosi

Pada umumnya proses terjadinya korosi suatu logam tidak terlepas dari pengaruh temperatur lingkungan sekitarnya. Hasil dari grafik polarisasi tafel yang telah didapatkan pada penelitian ini menunjukkan nilai laju korosi pada baja ASTM A36 baik menggunakan dan tidak menggunakan anoda tumbal pada berbagai temperatur sebagaimana tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran laju korosi menggunakan potensiostat dengan program potensio dinamik pada baja ASTN A36 tanpa anoda tumbal dengan anoda tumbal aluminium (Al) anoda tumbal zinc (Zn)

Suhu (°C)	Laju Korosi (mpy)		
	Tanpa anoda tumbal	Dengan anoda Al	Dengan anoda Zn
30	0,5235	0,000010	0,000025
40	0,9657	0,000023	0,000063
50	1,1712	0,000028	0,000086
60	1,9644	0,000051	0,000158
70	2,683	0,000078	0,000235

Berdasarkan data pada Tabel 1 tersebut, laju korosi paling tinggi terjadi pada baja yang tidak diproteksi oleh anoda (tanpa anoda) mencapai 2,683 mpy dibandingkan baja yang diproteksi oleh anoda tumbal, yakni 0,000078 mpy untuk baja yang diproteksi dengan anoda tumbal Al dan 0,000235 mpy dengan anoda Zn pada kondisi lingkungan yang sama.



Gambar 5. Hubungan antara laju korosi (mpy) baja ASTM A36 tanpa anoda tumbal dan dengan anoda tumbal aluminium (Al), anoda tumbal Zinc (Zn), dalam larutan NaCl 3,5% pada rentang temperatur 30°C sampai dengan 70°C

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa peningkatan temperatur diikuti dengan peningkatan laju korosi pada baja ASTM A36. Baja telanjang mempunyai laju korosi tertinggi dibanding dengan baja yang diproteksi dengan anoda Al dan Zn, hal ini dikarenakan potensial korosi logam Al dan Zn lebih elektronegatif menurut deret volta dibanding dengan baja, sehingga yang bereaksi dengan lingkungan sebagai anoda adalah logam Al dan Zn. Dengan demikian logam Al dan Zn efektif dalam melindungi logam baja (proteksi katodik).

Perbandingan nilai laju korosi baja telanjang dan baja yang diproteksi oleh anoda tumbal membuktikan bahwa adanya penambahan anoda tumbal ini efektif untuk menurunkan laju korosi akibat pengaruh temperatur. Hal ini sesuai dengan Pedferri (2018), dimana temperatur dapat mempercepat semua proses yang terlibat dalam peristiwa korosi, ketika temperatur lingkungan meningkat maka terjadi pula peningkatan difusi oksigen pada permukaan logam yang menyebabkan keretakan pada permukaan logam tersebut, sehingga laju korosinya semakin meningkat. Peningkatan laju korosi ini dapat diminimumkan dengan cara menggunakan anoda yang potensial korosinya lebih elektronegatif dibanding dengan logam baja. Hal ini didapat karena potensial kedua anoda tersebut lebih elektronegatif dibandingkan logam baja, yang mana mengacu pada deret volta bahwa semakin negatif nilai potensial anoda maka semakin mudah anoda tersebut teroksidasi, sehingga logam yang terlindungi dapat dikendalikan laju korosinya.

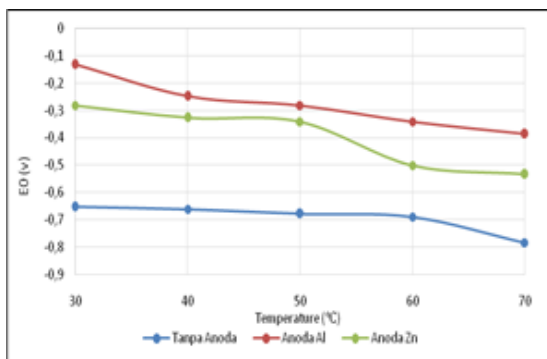
Hasil pengamatan pengaruh temperatur terhadap potensial korosi

Temperatur dapat mempengaruhi kinerja dari anoda dalam mengendalikan laju korosi baja ASTM A36. Hasil dari grafik polarisasi tafel pada penelitian ini didapatkan nilai potensial korosi pada baja ASTM A36 baik menggunakan dan tidak menggunakan anoda tumbal pada berbagai temperatur sebagaimana tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai potensial korosi pada baja ASRM A36 dengan anoda tumbal aluminium (Al), anoda tumbal Zinc (Zn), dan tanpa anoda tumbal

Suhu (°C)	Potensial Korosi (Volt)		
	Tanpa anoda tumbal	Anoda Al	Anoda Zn
30	-0,6525	-0,1337	-0,2812
40	-0,6610	-0,24909	-0,32729
50	-0,6783	-0,2812	-0,34093
60	-0,6890	-0,34093	-0,50131
70	-0,7828	-0,38704	-0,53401

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa temperatur berpengaruh terhadap potensial korosi baja ASTM A36, dimana peningkatan temperatur akan diikuti dengan penurunan potensial korosi baja ASTM A36 sebagaimana disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara variasi temperatur larutan NaCl 3,5% pada rentang 30°C sampai dengan 70°C terhadap potensial korosi baja ASTM A36 dengan menggunakan anoda tumbal Al, anoda tumbal Zn dan tanpa anoda tumbal

Hasil analisa dari Gambar 6, diperoleh bahwa peningkatan temperatur lingkungan akan diikuti dengan penurunan potensial korosi baja ASTM A 36, fenomena tersebut terjadi karena temperatur dapat mempercepat semua proses yang terlibat dalam peristiwa korosi tak terkecuali potensial korosi suatu logam. Berdasarkan hasil tersebut, potensial korosi paling rendah (negatif) yaitu pada baja yang tidak diproteksi oleh anoda tumbal yaitu -0,7828 Volt. Anoda aluminium lebih efektif daripada anoda zinc dalam mengendalikan laju korosi pada baja ASTM A36. Sesuai dengan Utami (2010), dimana semakin meningkatnya temperatur maka semakin menurunnya potensial korosinya, disebabkan oleh nilai potensial korosi logam yang terproteksi akan lebih besar daripada baja yang tidak diproteksi. Hal ini disebabkan karena nilai potensial anoda tumbal mempengaruhi pada bagaimana anoda tersebut dapat mengendalikan laju korosi. Mengacu pada deret volta, nilai potensial anoda tumbal yang digunakan harus lebih negatif dibanding logam yang akan diproteksi. Nilai potensial pada anoda aluminium sebesar $-1,67 E^{\circ}/V$ dan anoda Zinc sebesar $-0,67 E^{\circ}/V$ yang mana lebih negatif dari baja sebesar $-0,44 E^{\circ}/V$ (Hart, 2018). Semakin negatif nilai potensial logam maka lebih mudah melepas elektron, sehingga logam yang dibanjiri elektron laju korosinya menurun atau dapat dikatakan logam dengan proteksi anoda tersebut dapat dikendalikan laju korosinya.

Hasil pengamatan pengaruh temperatur terhadap efisiensi anoda dalam mengendalikan laju korosi

Temperatur dapat mempengaruhi efisiensi anoda dalam mengendalikan laju korosi baja ASTM A36. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan

hasil dari polarisasi tafel, diperoleh nilai efisiensi anoda tumbal dalam mengendalikan laju korosi pada baja ASTM A 36 sebagaimana tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil efisiensi penurunan laju korosi baja ASTM A36 dengan anoda tumbal aluminium (Al), dan anoda tumbal Zinc (Zn)

Suhu (°C)	% Penurunan dengan Al	% Penurunan dengan Zn
30	99,998	99,995
40	99,997	99,993
50	99,997	99,992
60	99,997	99,991
70	99,997	99,991

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa temperatur berpengaruh terhadap nilai efisiensi anoda dalam mengendalikan laju korosi baja ASTM A36, dimana peningkatan temperatur akan diikuti dengan penurunan efisiensi anoda dalam mengendalikan laju korosi baja ASTM A36. Hal tersebut dapat diperjelas pada Gambar 6 yang berkorelasi dengan Tabel 3.

Berdasarkan data dari Tabel 3 dan Gambar 6, diperoleh hasil bahwa dengan meningkatnya temperatur lingkungan maka efisiensi anoda tumbal dalam mengendalikan laju korosi baja ASTM A36 akan mengalami penurunan. Baja yang diproteksi oleh anoda tumbal aluminium didapatkan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibanding baja yang diproteksi oleh anoda tumbal zinc, sebagaimana yang disajikan pada Gambar 6. Efisiensi penurunan laju korosi terbaik pada baja ASTM A36 adalah menggunakan anoda tumbal Aluminium dengan efisiensi rata rata 99,99754%, sedangkan anoda tumbal zinc sebesar 99,99288%. Pada penelitian ini didapatkan hasil yang terbaik yaitu pada suhu 30°C, setelah melewati suhu tersebut efisiensi penurunan laju korosi mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena seiring dengan meningkatnya temperatur akan menyebabkan kerusakan pada struktur logam (Sathish, 2021), akibatnya kinerja anoda tumbal pun menurun begitu pula dengan efisiensinya dalam memproteksi suatu logam.

SIMPULAN

Kenaikan temperatur larutan NaCl 3,5% akan diikuti dengan meningkatnya laju korosi baja ASTM A36, sehingga digunakan proteksi katodik dengan anoda tumbal Al dan Zn yang dapat mengendalikan laju korosi pada baja ASTM A36 terhadap pengaruh temperatur. Kinerja anoda tumbal Aluminium dan

Zinc sebagai penghambat laju korosi pada baja ASTM A36 menunjukkan kinerja yang baik. Anoda tumbal terbaik dalam mengendalikan laju korosi baja ASTM A36 dalam lingkungan NaCl 3,5% adalah anoda tumbal Al dengan efisiensi rata rata 99,99754 %, sedangkan anoda tumbal zinc sebesar 99,99288%.

DAFTAR PUSTAKA

- Utami, I., 2009, 'Proteksi Katodik Dengan Anoda Tumbal Sebagai Pengendali Laju Korosi Baja Dalam Lingkungan Aqueous', Jurnal Teknik Kimia, Vol. 3, No. 2.
- Utami, I., (2010), Korosi, Dian Samudra, Sidoarjo
- Priyantoro, F., Budi, S. & Heri, S., 2012, 'Analisa Pengaruh Luasan Scratch Permukaan Terhadap Laju Korosi Pada Pelat Baja A36 dengan Variasi Sstem Pengelasan', Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 1, No. 1.
- Hastuti, & Ridho, G., 2017, 'Efektivitas Proteksi Katodik Sebagai Pengendalian Laju Korosi Pipa Minyak Pada Lingkungan Tanah Gambut', Seminar Nasional "Mitigasi Dan Strategi Adaptasi Dampak Perubahan Iklim Di Indonesia.
- Hart, L., (2018), Electrochemistry and Electrochemical Engineering, Library Press, New York
- Pedefferri, P., (2018), Corrosion Science and Engineering, Springer Nature Switzerland AG, Cham.
- Roberge, Pierre R., (2019), Handbook
- Royani, A., 2020, 'Pengaruh Suhu Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Dalam Media Air Laut', Jurnal Simetrik, Vol. 10, No. 2.
- Sathish, S., (2021), Advanced in Civil Engineering, Akinik, New Delhi.