

PENGARUH INHIBITOR SODIUM NITRIT DAN DMEA TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADA BAJA TULANGAN S.13 DI LINGKUNGAN AIR LAUT

Faty Alvina, Ir. Soesaptri Oediyani, M.E., Dr. Efendi Maburri, S.T., M.T.
Jurusan Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon Banten
Email : alvinapermana@gmail.com

ABSTRAK

Korosi sumuran yang terjadi pada infrastruktur pesisir berbahan beton bertulang baja karena adanya kontak langsung dengan air laut memerlukan strategi mitigasi yang baik. Salah satu cara untuk menghambat terjadinya korosi pada baja tulangan beton adalah dengan penambahan inhibitor. Telah dilakukan penelitian mengenai laju korosi dan potensial korosi (E_{corr}) pada baja tulangan S.13 di lingkungan air laut menggunakan larutan SPS beton dengan menambahkan inhibitor anorganik sodium nitrit dan inhibitor organik Dimethylethanol amine (DMEA) dengan masing-masing variasi konsentrasi 0,1; 0,3; dan 0,6 M selama 31 hari. Pengukuran laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode polarisasi Tafel yang dilakukan berdasarkan ASTM G-5 menunjukkan adanya kenaikan potensial korosi terbesar dialami oleh baja tulangan S.13 dengan penambahan sodium nitrit 0,1 M, yaitu pada awal pengorosan sebesar -207,7 mV dan pada akhir pengorosan mencapai -133,9 mV. Sedangkan penurunan laju korosi di awal pengorosan terbesar dialami baja tulangan S.13 dengan penambahan DMEA 0,1 M yaitu 0,41 mpy, sedangkan pada baja tulangan S.13 dengan penambahan sodium nitrit 0,6 M laju korosi naik sampai 7,39 mpy. Pada akhir pengorosan laju korosi terendah dialami oleh baja tulangan S.13 dengan penambahan sodium nitrit 0,1 M yaitu sebesar 2,13 mpy dengan laju korosi rata-rata sebesar 2,12 mpy. Sementara laju korosi rata-rata terbesar dialami baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor DMEA 0,3 M efektif sebesar 8,36 mpy. Sesuai dengan hasil pengukuran menggunakan metode polarisasi siklik (berdasarkan ASTM G-61) setelah pengorosan berakhir bahwa potensial sumuran/*pitting breakdown potential* (E_{pit}) paling positif dialami baja tulangan S.13 dengan penambahan sodium nitrit 0,1 M sebesar 1100 mV. Dari penelitian ini didapat hasil bahwa penggunaan inhibitor anorganik sodium nitrit efektif sampai dengan hari ke 31 dengan efisiensi tertinggi pada penambahan sodium nitrit 0,1 M sebesar 92,35%. Sedangkan penggunaan inhibitor organik DMEA efektif sampai dengan hari ke 19 dengan efisiensi tertinggi pada penambahan DMEA 0,6 M sebesar 68,71%.

Kata kunci: Baja tulangan S.13, Polarisasi Tafel, Polarisasi siklik, Inhibitor, Potensial korosi (E_{corr}), Laju korosi

ABSTRAK

Pitting corrosion that occurs in coastal infrastructure made from reinforced concrete steel as a result from direct contact with the sea waters need a precisely mitigation strategies. Inhibitor is one way to inhibit corrosion of reinforcing steel in concrete. Has done a research about the corrosion rate and potential corrosion (E_{corr}) in S.13 rebar steel in the surrounding sea water use concrete pore solution by adding inorganic inhibitor sodium nitrites and inhibitor organic dimethylethanol amine (DMEA) with 0,1; 0,3; and 0,6 M each variation concentration during 31 days. The measurement of the rate of corrosion was done using a polarizing Tafel method that based on ASTM G-5. It shows a slight increase in potential corrosion largest reach -207,7 mV at the beginning and -133,9 mV at the end of S.13 rebar

steel because the addition of 0,1 M sodium nitrite. The largest reduction of corrosion rate at the beginning reach 0,41 mpy by the addition of 0,1 M DMEA. In the end of simulation corrosion the lowest corrosion rate occur in S.13 rebar steel with addition of 0,1 sodium nitrit become 2,13 mpy with the average of rate is 2,12 mpy. And for the largest average of corrosion rate occur in S.13 rebar steel with addition of effective 0,3 M DMEA is 8,36 mpy. Based on measurement by using cyclic polarization method (ASTM G-61), most positive pitting breakdown potential (E_{pitt}) is 1100 mV that occur in S.13 rebar steel with the addition of 0,1 M sodium nitrit. And the research is obtain that by using anorganic inhibitor (sodium nitrite) was effective until 31th days with the highest efficiency 92,35 % by adding 0,1 M sodium nitrite but for organic inhibitor (DMEA) was effective until 19th days with the highest efficiency 68,71 % by adding 0,6 M DMEA.

Keywords: S.13 rebar steel, Tafel Polarization, Cyclic Polarization, Inhibitor, Corrosion Potential Corrosion (E_{corr}), Corrosion Rate.

I. PENDAHULUAN

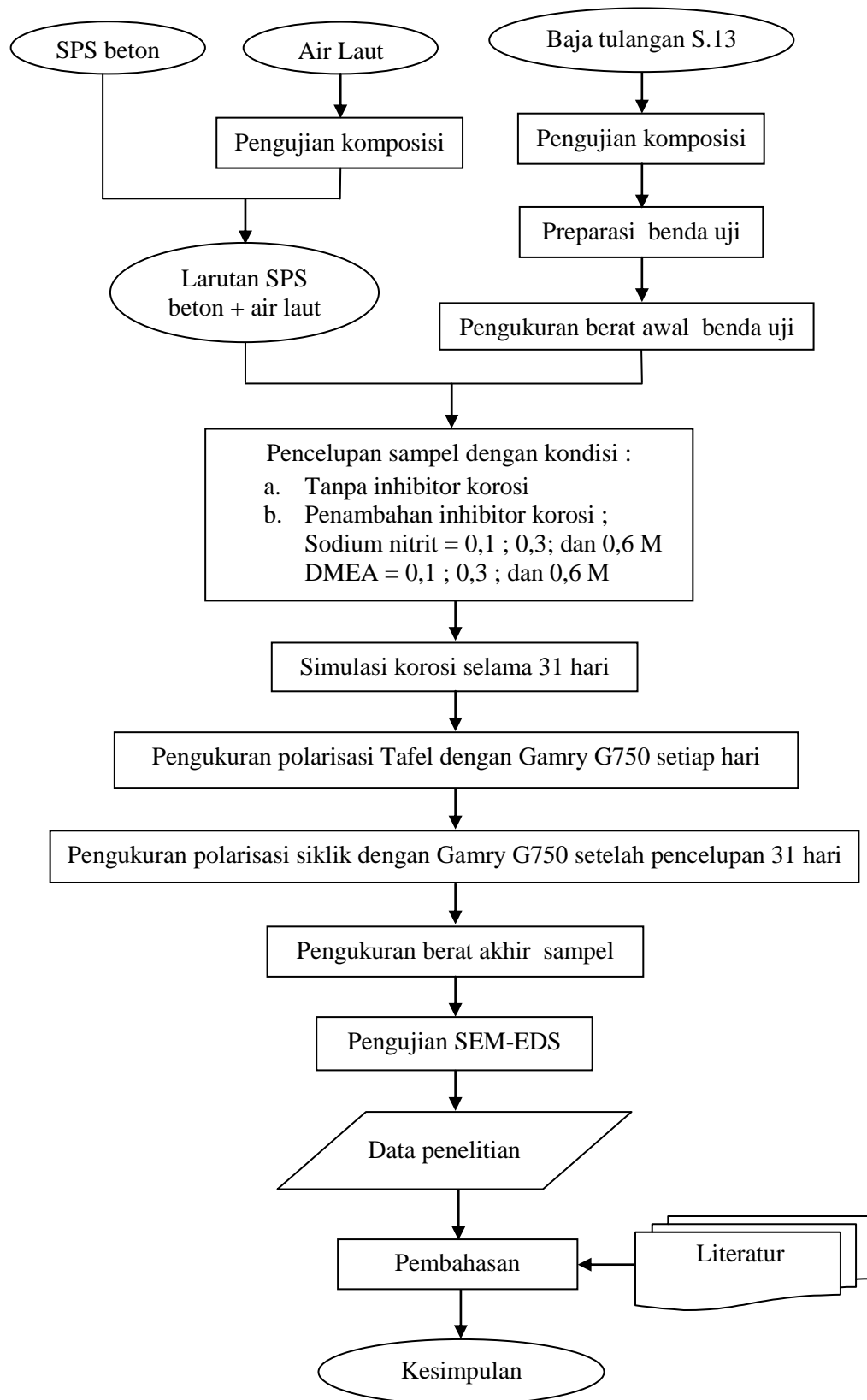
Luas wilayah perairan di Indonesia mencapai dua pertiga dari wilayah Indonesia yang menjadikan laut sebagai salah satu modal dasar pembangunan nasional Indonesia. Infrastruktur di wilayah pesisir sebagian besar terbuat dari baja dan beton bertulang baja yang rentan korosi di karenakan kontak langsung dengan air laut dan juga kondisi iklim. Hal ini menyebabkan pentingnya pengendalian korosi pada infrastruktur sebagai upaya mitigasi korosi dan meningkatkan *life time* dari struktur.

Salah satu metode yang paling mudah dan ekonomis untuk mencegah terjadinya korosi baja tulangan beton sehingga umur beton lebih lama adalah dengan menggunakan inhibitor korosi^[1]. Di dalam penelitian ini dilakukan upaya pengendalian korosi dengan penambahan inhibitor korosi anorganik sodium nitrit yang sudah lebih umum dan banyak digunakan, dan juga inhibitor korosi organik dimethylmethanol amine (DMEA) sebagai inhibitor pembanding ke dalam simulasi korosi baja tulangan S.13 di lingkungan air laut menggunakan larutan beton buatan.

Penambahan inhibitor dan konsentrasi yang tepat ke dalam suatu sistem akan menimbulkan efek inhibisi korosi yang optimal^[2]. Mengacu pada ASTM C 876, diketahui bahwa nilai potensial korosi (E_{corr}) baja tulangan pada larutan beton buatan yang terekspos air laut sebesar -0.426 V. Sedangkan nilai pH pada larutan beton buatan sebesar 12-13 pH (basa). Namun apabila beton terekspos dalam lingkungan agresif yang melebihi batas kritis (pada rentang 0,4 – 1% berat semen pada beton), maka ion klorida yang terkandung dalam air laut akan masuk ke dalam beton dan mengakibatkan terjadi korosi pada baja tulangan^[3].

Proses korosi pada baja tulangan beton diamati melalui pengukuran potensial korosi (E_{corr}) dan laju korosi menggunakan metode Tafel dan siklik. Perhitungan efisiensi inhibisi pada akhir pengujian juga dilakukan. Hasil dari semua pengujian dan analisa yang dilakukan akan dibahas menjadi suatu kesimpulan mengenai pemilihan inhibitor yang lebih baik berdasarkan kemampuan sodium nitrit dan DMEA untuk mencegah terjadinya korosi atau menurunkan laju korosi baja tulangan beton yang terkontaminasi air laut.

II. METODE PERCOBAAN

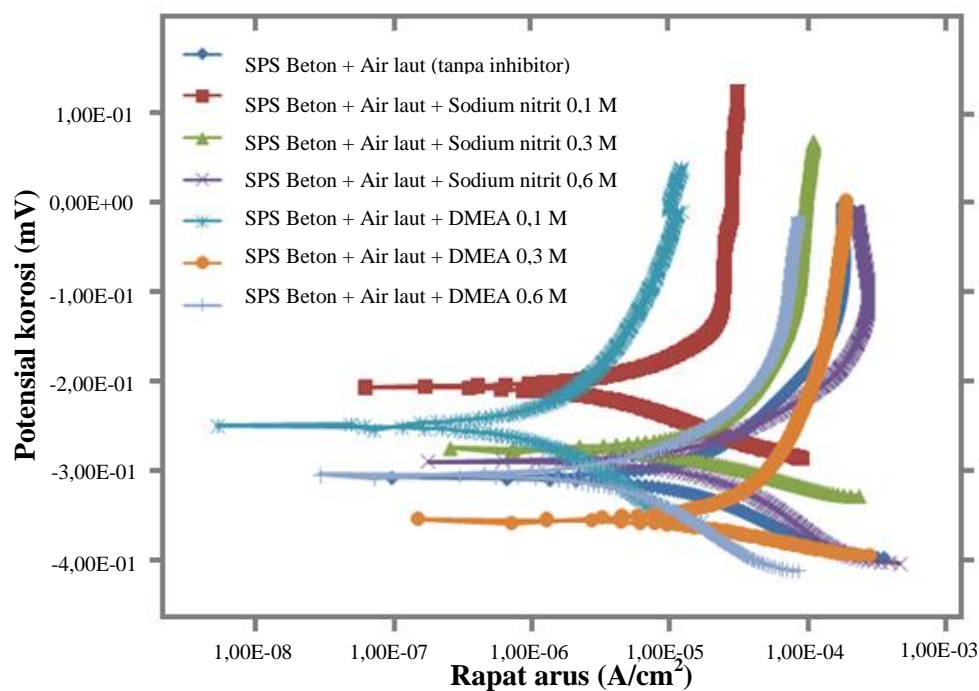


Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Polarisasi Tafel

Kurva Tafel polarisasi dari masing-masing sampel diawal pengorosan ditunjukkan pada Gambar 3 yang menunjukkan bahwa pada baja tulangan S.13 berada di daerah anoda masih aktif. Hal ini dapat diketahui dari bagian atas garis anodik pada tiap-tiap sampel yang tidak bergerak lurus (sampai akhir garis) menunjukkan arus korosi (I_{corr}) yang tidak konstan pada daerah anoda^[2]. Sesuai dengan kecenderungan bentuk kurva polarisasi Tafel yang didapat menjelaskan bahwa polarisasi terbesar terjadi pada daerah anodik maka reaksi korosi pada daerah anodik yang dikendalikan. Proses inhibisi sodium nitrit dan DMEA pada konsentrasi tersebut berkerja pada anoda dengan mengeser kurva polarisasi anodik ke atas. Sedangkan hal ini tidak terjadi pada penambahan inhibitor DMEA 0,3 M karena kurva Tafel polarisasi yang didapat masih berada di bawah kurva polarisasi baja tulangan tanpa inhibitor.



Gambar 3. Kurva polarisasi Tafel baja tulangan S.13.

3.2 Potensial Korosi (E_{corr})

Gambar 4 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran potensial korosi (E_{corr}) baja tulangan S.13 di awal dan akhir pengorosan. Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa hasil pengukuran potensial korosi baja tulangan S.13 tanpa inhibitor di awal pengorosan sebesar -308,90 mV. Adapun kenaikan potensial korosi terbesar dialami oleh sampel baja tulangan S.13 dengan penambahan sodium nitrit 0,1 M yaitu -207,70 mV. Sedangkan potensial korosi hingga -355,20 mV, dialami oleh sampel baja tulangan S.13 dengan penambahan DMEA 0,3 M. Dengan ini kemampuan DMEA dinilai lebih lambat karena tidak dapat langsung menaikkan potensial korosi pada baja tulangan S.13 apabila dibandingkan

dengan kemampuan sodium nitrit. Pada akhir pengorosan, terukur potensial korosi baja tulangan S.13 tanpa inhibitor yaitu sebesar -499,30 mV. Adapun kenaikan potensial korosi akhir terbesar dialami sampel baja tulangan S.13 dengan penambahan sodium nitrit 0,1 M yaitu -133,90 mV. Hal ini sangat baik terjadi, karena semakin tinggi atau semakin positif potensial korosi suatu logam maka kecenderungan untuk terkorosi lebih rendah. Kenaikan potensial korosi pada suatu logam akan mengakibatkan pasifasi pada logam^[2]. Adapun pada sampel baja tulangan S.13 dengan penambahan DMEA 0,1 M, terjadi penurunan potensial korosi akhir terbesar yaitu -476,10 mV. Hal ini terjadi karena pada saat pengukuran hari ke 20, kinerja DMEA pada baja tulangan S.13 sudah mulai menurun, sehingga kemampuan menghamburkannya tidak optimal sampai akhir proses pengorosan.

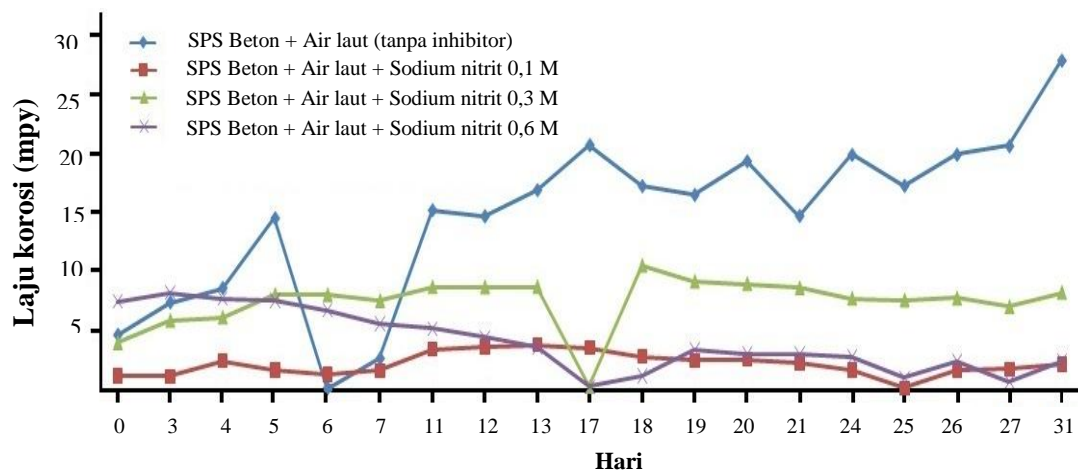
Tabel 2. Data hasil pengukuran potensial korosi (E_{corr}) baja tulangan S.13.

Sampel	E_{corr} Hari 0 (mV)	E_{corr} Hari 31 (mV)
SPS Beton + Air laut (tanpa inhibitor)	-308,90	-499,30
SPS Beton + Air laut + Sodium nitrit 0,1 M	-207,70	-133,90
SPS Beton + Air laut + Sodium nitrit 0,3 M	-276,30	-252,30
SPS Beton + Air laut + Sodium nitrit 0,6 M	-290,40	-208,90
SPS Beton+ Air laut + DMEA 0,1 M	-250,70	-476,10
SPS Beton+ Air laut + DMEA 0,3 M	-355,20	-447,30
SPS Beton+ Air laut + DMEA 0,6	-306,00	-445,10

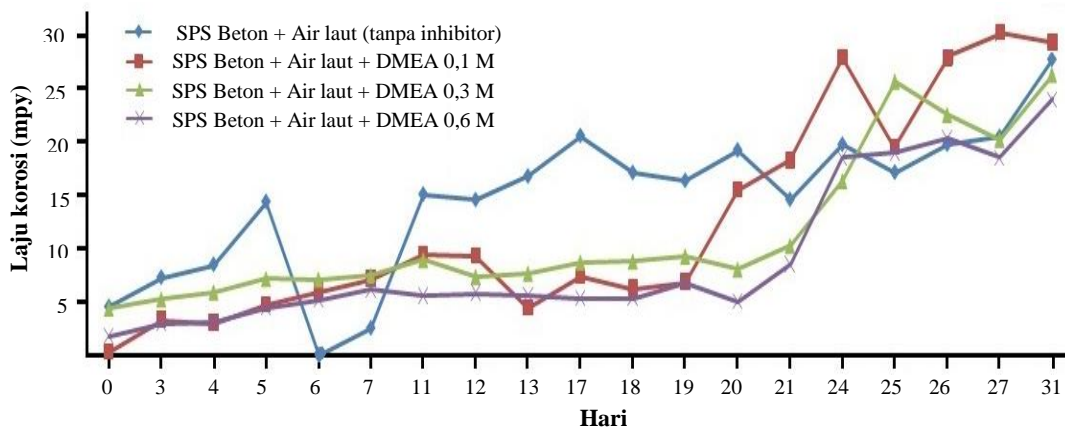
Ket; : kenaikan maks. : penurunan maks.

3.3 Laju Korosi

Penurunan laju korosi terbesar di awal pengorosan dialami sampel baja tulangan S.13 dengan penambahan DMEA 0,1 M sebesar 0,41 mpy. Pada kondisi akhir, laju korosi baja tulangan S.13 terendah dialami sampel dengan penambahan sodium nitrit 0,1 M yaitu 2,13 mpy. Apabila dibandingkan dari kondisi awal dan akhir menghasilkan grafik seperti pada Gambar 4.



(a) Laju korosi harian baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor sodium nitrit



(b) Laju korosi harian baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor DMEA

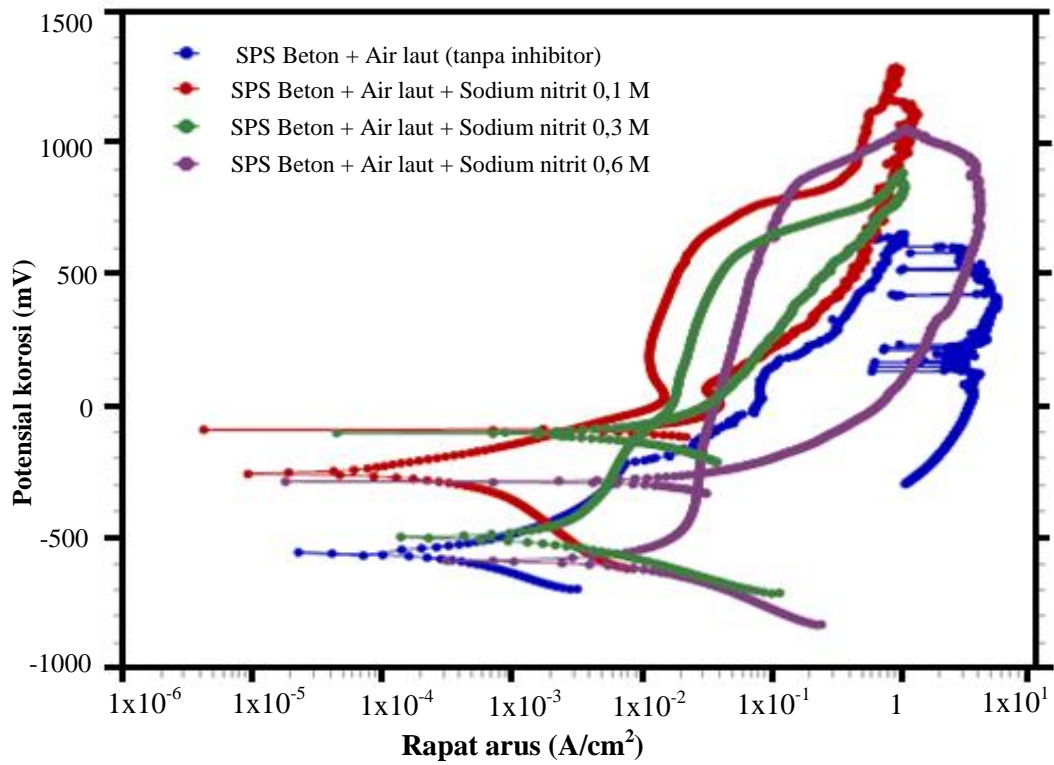
Gambar 4. Grafik laju korosi harian baja tulangan S.13.

Adapun laju korosi rata-rata baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor sodium nitrit sebesar 2,12 mpy pada penambahan sodium nitrit 0,1 M, pada penambahan sodium nitrit 0,3 M sebesar 7,39 mpy dan pada penambahan sodium nitrit 0,6 M sebesar 3,99 mpy. Sedangkan laju korosi rata-rata baja tulangan S.13 dengan penambahan DMEA sebesar 5,77 mpy pada penambahan DMEA 0,1 M, pada penambahan DMEA 0,3 M sebesar 8,36 mpy dan pada penambahan DMEA 0,6 M sebesar 5,20 mpy. Penurunan laju korosi pada sampel baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor sodium nitrit sampai dengan hari ke 30 pengorosan, terlihat lebih signifikan bila dibandingkan dengan sampel baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor DMEA.

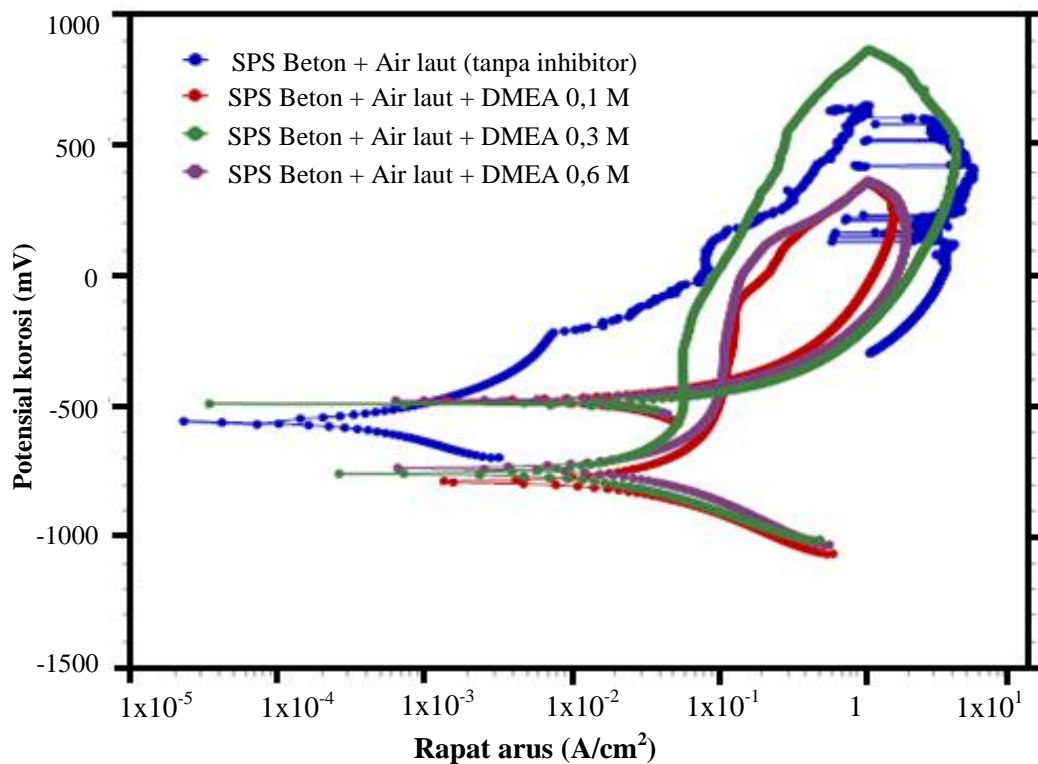
3.4 Siklik Polarisasi

Dari pengukuran dengan metode siklik polarisasi ini didapat kurva dalam Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 diketahui sumuran yang terparah dialami baja tulangan S.13 tanpa inhibitor, hal ini terlihat dari lekukan akhir garis anodik yang tidak membentuk lengkungan yang teratur. Ketidakteraturan lengkungan garis anodik ini mengindikasikan bahwa, terdapat ketidakstabilan rapat arus secara berulang pada lapisan pasif di permukaan baja yang kemudian pecah. Proses ini diikuti repasifikasi sehingga pertumbuhan korosi yang menginisiasi terbentuknya sumuran menjadi lebih banyak^[4].

Berdasarkan nilai potensial sumuran yang didapat pada akhir pengorosan baja tulangan S.13 di lingkungan air laut menggunakan larutan SPS beton dalam Tabel 3, maka diketahui kecenderungan terjadinya korosi sumuran terbesar dimiliki oleh baja tulangan S.13 dengan penambahan DMEA 0,1 M dengan nilai potensial sumuran -250 mV dengan potensial proteksi sebesar -400 mV. Sementara potensial sumuran baja tulangan S.13 dengan penambahan sodium nitrit 0,1 M bernilai positif dengan nilai potensial sumuran 1100 mV dengan potensial proteksi sebesar -100 mV. Potensial proteksi yang terukur pada semua hasil pengorosan nilainya lebih kecil daripada nilai potensi sumurannya. Hal ini mengindikasikan terjadinya korosi sumuran^[2].



(a) Kurva polarisasi siklik baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor sodium nitrit



(b) Kurva polarisasi siklik baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor DMEA

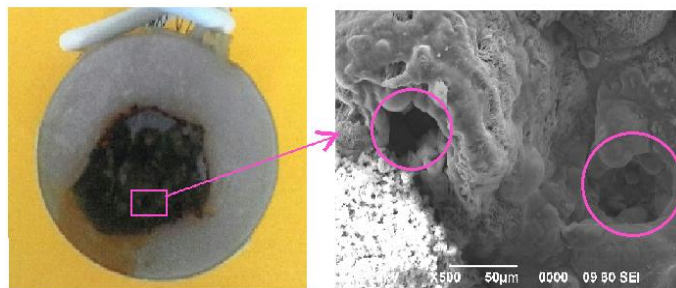
Gambar 5. Kurva siklik polarisasi baja tulangan S.13

Tabel 3. Potensial sumuran/*pitting breakdown potential* (E_{pit}) baja tulangan S.13

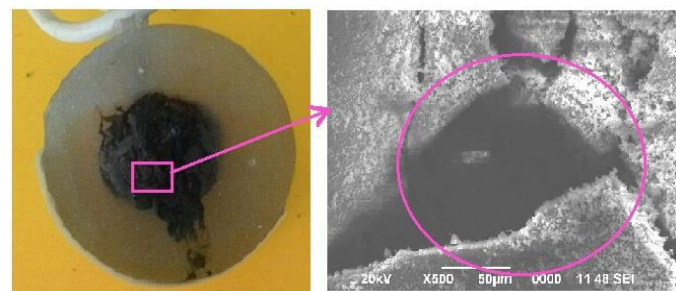
Sampel	E_{pit} (mV)	E_{prot} (mV)
SPS Beton + Air Laut (tanpa inhibitor)	-190	-300
SPS Beton + Air Laut + Sodium nitrit 0,1 M	1100	-100
SPS Beton + Air Laut + Sodium nitrit 0,3 M	600	-80
SPS Beton + Air Laut + Sodium nitrit 0,6 M	880	-270
SPS Beton + Air Laut + DMEA 0,1 M	-250	-400
SPS Beton + Air Laut + DMEA 0,3 M	-180	-460
SPS Beton + Air Laut + DMEA 0,6 M	100	-410

3.5 SEM-EDS Baja Tulangan S.13

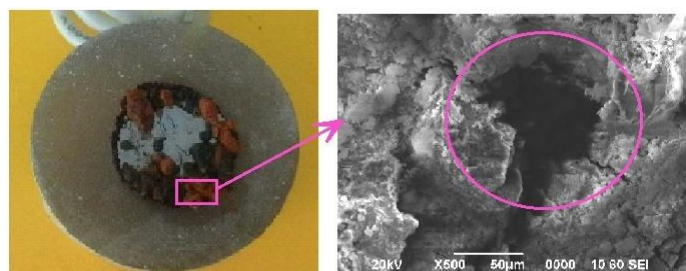
Setelah dilakukan pengujian mikrostruktur SEM pada baja tulangan S.13 yang telah diekspos air laut menggunakan larutan SPS beton selama 30 hari didapatkan hasil Gambar 6. Bila dilihat dengan mata telanjang permukaan baja tulangan S.13 yang dikorosikan terlihat tertutupi produk korosi dengan warna hijau cenderung hitam, selain itu juga terlihat sedikit produk korosi kemerahan. Produk korosi atau biasa disebut karat yang berwarna kemerahan adalah $Fe(OH)_3$. Sedangkan karat yang berwarna hijau kehitaman adalah $Fe(OH)_2$ yang terbentuk dalam masa permulaan korosi akibat proses oksidasi^[5].



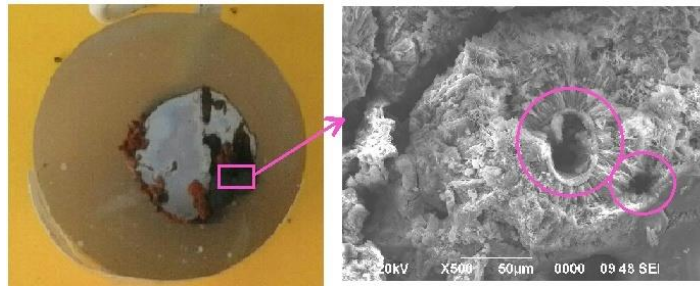
a. Hasil SEM-EDS baja tulangan S.13 dengan tanpa penambahan inhibitor



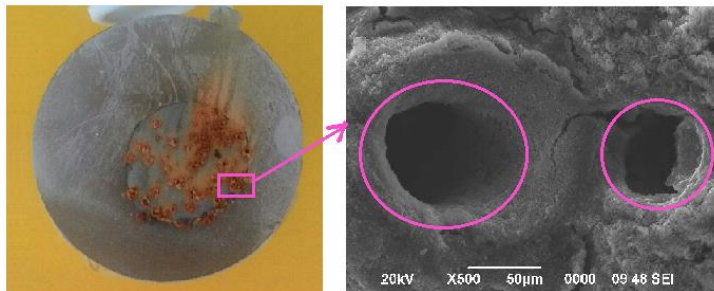
b. Hasil SEM-EDS baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor DMEA 0,6 M



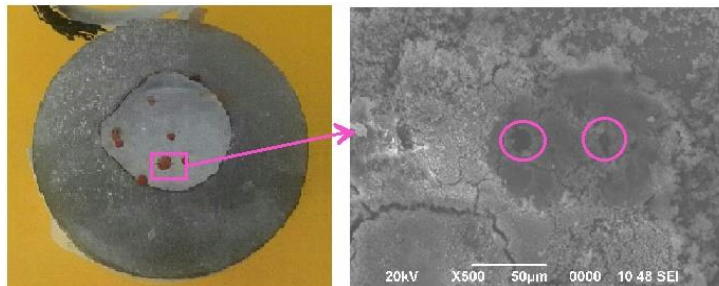
c. Hasil SEM-EDS baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor DMEA 0,1 M



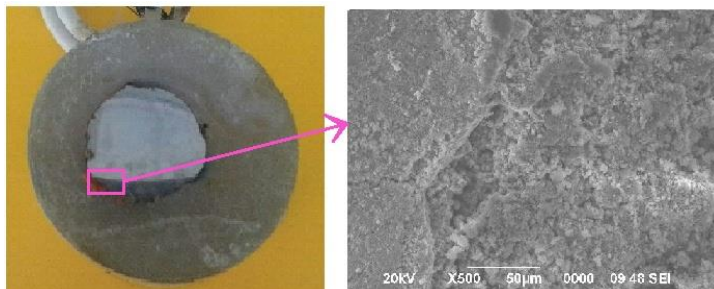
d. Hasil SEM-EDS baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor DMEA 0,3 M



e. Hasil SEM-EDS baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor sodium nitrit 0,3 M



f. Hasil SEM-EDS baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor sodium nitrit 0,6 M.



g. Hasil SEM-EDS baja tulangan S.13 dengan penambahan inhibitor sodium nitrit 0,1 M

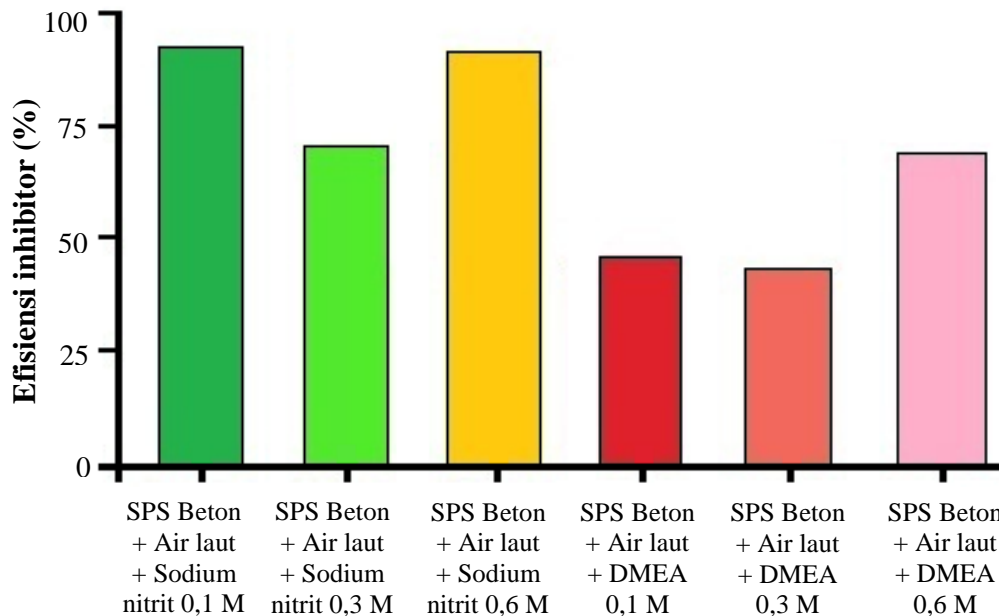
Gambar 6. Hasil SEM-EDS baja tulangan S.13 setelah pengrosian 31 hari.

3.6 Efisiensi Inhibitor

Efisiensi inhibitor merupakan prosentase keefektivan suatu inhibitor untuk menghambat terjadinya korosi yang ditandai oleh semakin kecilnya laju korosi dengan adanya inhibitor. Efisiensi inhibitor sodium nitrit dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{(\text{Laju korosi tanpa inhibitor} - \text{laju korosi dengan inhibitor})}{\text{laju korosi tanpa inhibitor}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

Gambar 6 merupakan grafik hasil perhitungan efisiensi inhibitor pada setiap konsentrasi penambahan inhibitor. Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa efisiensi inhibitor sodiun nitrit lebih baik daripada DMEA. Adapun sodiun nitrit memiliki efisiensi inhibisi rata-rata sebesar 84,77% dengan efisiensi tertinggi pada penambahan sodiun nitrit 0,1 M sebesar 92,35%. Sementara DMEA memiliki efisiensi rata-rata sebesar 52,61% dengan efisiensi tertinggi pada penambahan DMEA 0,6 M sebesar 68,71%.



Gambar 4.15 Efisiensi inhibitor terhadap baja tulangan S.13 di lingkungan air laut menggunakan larutan SPS beton.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Pengeksposan baja tulangan S.13 di lingkungan air laut menggunakan larutan SPS beton selama 31 hari menghasilkan korosi sumuran. Penambahan inhibitor sodiun nitrit dapat menaikkan potensial korosi lebih positif dibandingkan DMEA yang bekerja lebih lambat dalam menaikkan potensial korosi.

Pengaruh penambahan inhibitor terhadap pengendalian laju korosi baja tulangan S.13 dalam larutan SPS beton di awal pengorosan dapat menurunkan sampai dengan 0,41 mpy pada penambahan baja tulangan S.13 dengan penambahan DMEA 0,1 M. Di akhir pengorosan penurunan laju korosi terbesar dialami baja tulangan S.13 dengan penambahan sodiun nitrit 0,1 M dengan laju korosi sebesar 2,13 mpy.

Efisiensi inhibisi rata-rata sodiun nitrit pada ketiga variasi konsentrai sebesar 84,77% sedangkan efisiensi inhibisi rata-rata DMEA sebesar 52,61%. Adapun perilaku inhibisi sodiun nitrit nitrit lebih stabil dalam menurunkan laju korosi sampai akhir masa pengorosan (hari 31), sedangkan kinerja inhibisi DMEA rata-rata hanya bertahan sampai hari ke 20 pengorosan. Oleh karena itu penambahan inhibitor anorganik sodiun nitrit lebih efektif dari pada inhibitor organik DMEA dalam mengendalikan laju korosi pada baja tulangan S.13 di lingkungan air laut menggunakan larutan SPS beton selama 31 hari.

V. SARAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai penambahan dosis inhibitor DMEA, sehingga kinerja inhibisinya pada baja tulangan S.13 dapat bertahan dalam rentang waktu yang lebih lama lagi.

REFERENSI

- [1] Herbudiman, Bernardinus. Dkk. 2009. "Alternatif pencegahan korosi Platform's Steel Pier di Selat Madura", Media Teknik Sipil Vol. 79 Juli 2009.
- [2] Revie, R.Winston dan Herbert H Uhlig. 2008. "*Corrosion and Corrosion Control 4th Edition*", John Wiley & Sons Inc, Canada.
- [3] Nikitasari, Arini. 2014. "Pengaruh Sodium Nitrit Sebagai Inhibitor Korosi Baja Tulangan Beton Didalam Larutan Beton pH 7 Yang Terkontaminasi Klorida", Jurnal Sains Materi Indonesia Vol.16, Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI, Serpong – Banten.
- [4] Alba, Michelia. Purwadaria, S. 2013. "Pengaruh Inhibitor Sodium Nitrit, Sodium Tungstate, dan Hexamine serta Campurannya pada Korosi Sumuran Baja Tahan Karat Tipe 3-4 Tersensitisasi.", Jurnal Sains Materi Indonesia Vol.22, Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI, Serpong – Banten
- [5] Frankel, G. S. 1998. "*Pitting Corrosion Of Metals A Review Of The Critical Factors*", Journal of the Electrochemical Society Vol.145, The Ohio State University.