

Pengaruh Variasi Molaritas dan Jenis Inhibitor terhadap Ketahanan Korosi dan Morfologi Baja Tulangan Beton

Afira Ainur Rosidah¹, Vuri Ayu Setyowati², Nasrul Amin³
Teknik Mesin, Insistut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya^{1,2,3}
e-mail: vuri@itats.ac.id*

ABSTRACT

Concrete reinforcement steel is often needed as a reinforcement for a building. It is like other materials; steel concrete will experience a weakening of quality due to the corrosion process. These steels are commonly coated using inhibitors to slow down the corrosion rate. In this research, three types of inhibitors, namely sodium nitrite, phosphoric acid, and carboxylic acid will be mixed into the corrosive medium of HCl and aquades. Dissolution of each inhibitor against corrosive media uses three different molarities, that are 0.2 M, 0.5 M, and 0.8 M. Each inhibitor solution and the corrosive medium will be used as an immersion medium to carry out the corrosion process of reinforced concrete steel. For the evaluation process, each of these specimens will be calculated the value of the corrosion rate and the efficiency of the inhibitor; as well as morphological analysis will also be carried out to determine how the impact of corrosion on the reinforced concrete steel. The results of this study stated that a carboxylic acid inhibitor with a concentration of 0.8 M; its combination led at the best performance with the inhibitor efficiency of 30.20%, while a phosphoric acid inhibitor with a concentration of 0.2 M had the worst performance with an inhibitor efficiency of 24.83%. In addition, from the morphological analysis, it was also found that giving a higher concentration of an inhibitor can reduce the corrosion rate.

Keywords: reinforcing steel, inhibitor, molarity, corrosion rate

ABSTRAK

Baja tulangan beton kerap kali digunakan sebagai penyangga dari suatu gedung-gedung. Sama seperti material lainnya, baja batuan beton akan mengalami pelemahan kualitas dikarenakan adanya proses korosi. Biasanya, baja-baja tersebut dilapisi oleh inhibitor untuk memperlambat laju korosi. Pada penelitian ini, tiga jenis inhibitor, yaitu sodium nitrit, asam fosfat, dan asam karboksilat akan dicampurkan ke dalam media korosif HCl dan aquades. Pelarutan tiap inhibitor terhadap media korosif menggunakan tiga molaritas yang berbeda, yaitu 0,2 M, 0,5 M, dan 0,8 M. Tiap larutan inhibitor dan media korosif ini akan digunakan sebagai media perendaman untuk melakukan proses korosi terhadap baja bertulang beton. Untuk proses evaluasi, tiap dari spesimen tersebut akan dihitung nilai laju korosi dan efesiensi inhibitorynya; serta analisa morfologi juga akan dilakukan untuk mengetahui bagaimana dampak korosi terhadap baja bertulang beton tersebut. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa inhibitor asam karboksilat dengan molaritas 0,8 M memiliki performa terbaik dengan efisiensi inhibitor sebesar 30,20%, sedangkan inhibitor asam fosfat dengan molaritas 0,2 M memiliki performa terburuk dengan efisiensi inhibitor sebesar 24,83%. Selain itu, dari analisa morfologi juga didapatkan bahwa pemberian molaritas yang lebih banyak dari suatu inhibitor dapat memberikan efek korosi yang lebih kecil daripada dengan pemberian molaritas yang lebih sedikit.

Kata kunci: baja, inhibitor, molaritas, laju korosi

PENDAHULUAN

Baja tulangan beton merupakan baja yang diproses canai panas (*hot rolling*) dan dibentuk menjadi silinder batangan. Baja yang dijadikan sebagai penulangan beton ini mampu menambah kekuatan tarik [1]. Baja ini kerap kali digunakan dalam suatu proyek pembuatan gedung-gedung dengan diameter yang berbeda-beda, seperti baja berdiameter 8 mm digunakan untuk pembangunan rumah satu lantai, berdiameter 10 mm untuk rumah bertingkat, serta berdiameter lebih besar dari 14 mm untuk pembangunan pusat perbelanjaan besar. Sama seperti material lainnya, baja tulangan beton ini mengalami permasalahan korosi dengan laju tertentu saat adanya interaksi dengan lingkungannya. Korosi ini pun selanjutnya dapat membuat kualitas dari baja ini pun menjadi menurun.

Beberapa cara dapat digunakan untuk meminimalisir laju korosi yang menimbulkan efek degradasi pada material, salah satu cara yang sering digunakan adalah dengan menggunakan inhibitor. Inhibitor ini berbentuk cairan dan berfungsi untuk memperlambat reaksi korosi dengan cara bereaksi dengan permukaan logam yang terkorosi dan membentuk lapisan pelindung pada permukaan tersebut [2]. Cara ini mampu memodifikasi polarisasi katodik-anodik, mengurangi pergerakan ion ke permukaan, menambahkan aliran

listrik, dan meleburkan zat korosif tersebut di dalam larutan senyawa inhibitor. Senyawa inhibitor ini terbagi menjadi dua, yaitu senyawa organik yang mengandung senyawa heteroatom (O, N, S); serta senyawa anorganik seperti garam kromat dan zink [3].

Pada penelitian ini, tiga senyawa anorganik yang terdiri dari sodium nitrit, asam fosfat, dan asam karboksilat dengan masing-masing tiga variasi molaritas (0,2 M, 0,5 M, dan 0,8 M) digunakan untuk mengetahui laju korosi pada suatu baja tulangan beton dengan media korosif berupa HCl 37%. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jenis inhibitor dan jumlah molaritas yang dapat memberikan penghambatan laju korosi tertinggi pada baja tersebut. Selain itu, pengamatan morfologi juga dilakukan untuk menganalisa dampak dari korosi terhadap baja tersebut dengan menggunakan media korosif HCl 37%.

TINJAUAN PUSTAKA

Baja Tulangan

Baja tulangan ini termasuk ke dalam baja karbon yang diaplikasikan untuk penulangan pada beton dan diproduksi dari baja yang berbentuk *billet* dengan metode hot *rolling*. Badan Standarisasi Nasional (BSN) mengklasifikasikan baja tulangan ini menurut bentuk permukaannya menjadi dua, yaitu baja tulangan polos (BjTP) dan baja tulangan sirip/ulir (BjTS) [4]. Baja tulangan ini termasuk ke dalam baja karbon rendah atau *mild steel*.

Korosi pada Baja Tulangan

Menurut Fahirah, baja tulangan yang diaplikasikan ke dalam beton mampu bertahan dari korosi karena sifat campuran beton yang sangat basa, sehingga menjadi pasif. Akan tetapi, apabila pH campuran beton tersebut turun sampai <9,5 akan mengakibatkan baja tulangan dapat terkorosi [5]. Selain itu, korosi pada baja tulangan juga dapat terjadi akibat pengaruh lingkungan. Seperti kondisi lingkungan yang asam atau pH rendah. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa campuran lumpur-air tanah dan lumpur dengan pH masing-masing 5,8 dan 6,0 menunjukkan laju korosi sebesar masing-masing 6.235 mpy dan 5,09 mpy. Terlebih lagi lingkungan dengan pH kurang dari 3, seperti pada campuran lumpur dan asam kuat seperti HCl, H₂SO₄, dan HNO₃ dapat menyebabkan laju korosi yang sangat besar [6]. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa media korosif dari asam kuat seperti H₂SO₄ dan HCl memberikan laju korosi yang cepat untuk baja karbon medium dan rendah [7], [8].

METODE

Pada penelitian ini, 10 spesimen baja tulangan dengan diameter 10 mm dan panjang 50 mm digunakan sebagai spesimen pengujian. Sebelum proses pengujian, semua baja tulangan ini diampelas dan diukur berat awalnya. Setelah itu, tiap spesimen akan direndam selama 10 hari atau 240 jam dengan menggunakan media korosif HCl serta jenis dan molaritas inhibitor yang berbeda-beda dalam kondisi menggantung seperti Gambar 1. Adapun jenis dan molaritas inhibitor yang dimaksud adalah sodium nitrit, asam fosfat, dan asam karboksilat dengan variasi molaritas dari tiap inhibitor adalah 0,2 M, 0,5 M, dan 0,8 M. Maka dari itu, tiap sampel nantinya akan dimasukkan pada media korosif HCl 103,6 mL dan satu variasi inhibitor yang telah dilarutkan dengan menggunakan aquades murni 500 mL dan temperatur ruangan. Secara detil, hal ini dirangkum dan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Baja bertulangan diatur dalam posisi menggantung saat dimasukkan ke media korosif HCl

Tabel 1. Variasi pengujian baja tulangan pada media korosif HCl.

Media Korosif	Jenis Inhibitor	Molar			
		-	0,2 M	0,5 M	0,8 M
HCl	Tanpa inhibitor	Sampel 1	-	-	-
	Sodium Nitrit	-	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4
	Asam Fosfat	-	Sampel 5	Sampel 6	Sampel 7
	Asam Karboksilat	-	Sampel 8	Sampel 9	Sampel 10

Setelah dilakukan perendaman, berat dari semua baja tulangan tersebut akan diukur kembali dan laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan metode *weight loss* sebagai berikut:

$$CR = \frac{(w' - w) \cdot K}{A \cdot D \cdot T} \quad \dots (1)$$

dimana CR merupakan laju korosi dalam satu mpy (mils per year), w dan w' mengacu pada berat awal dan akhir dari baja petungan beton dalam satuan gram, serta K merupakan konstanta laju korosi, yaitu $3,45 \times 10^4$. Selain itu, A dan D merupakan luas permukaan dan densitas dari baja tulangan masing-masing dengan satuan cm^2 dan gr/cm^3 , serta T menunjukkan lama waktu perendaman dalam jam [9].

Dengan 10 spesimen baja tulangan beton tersebut, maka didapatkan juga 10 hasil laju korosi, dimana satu laju korosi ketika tidak ada inhibitor yang diberikan (CR_0) dan sembilan laju korosi lainnya dengan menggunakan variasi tipe dan molaritas inhibitor. Dengan informasi. Maka efisiensi dari suatu jenis dan molaritas inhibitor (EI) dapat dihitung dengan menggunakan rumusan berikut:

$$EI = \frac{(CR_0 - CR_i)}{CR_0} \times 100\% \quad \dots (2)$$

dimana CR_i merupakan laju korosi dari suatu variasi tipe dan molaritas inhibitor.

Selain itu, analisa morfologi juga dilakukan dengan tahap pra-analisa adalah sebagai berikut:

- Pengeringan permukaan spesimen dengan temperatur ruangan
- Letakkan spesimen pada ketas putih A4
- Pemotretan spesimen dengan tampai melintang dan atas
- Visual morfologi didapatkan dan analisa dapat dilakukan pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, beberapa variasi jenis dan molaritas inhibitor dikomparasi tentang seberapa cepat dan efisiensi laju korosinya ketika digunakan untuk memperlambat laju korosi dari baja bertulang beton pada suatu media korosif HCl 103, 6 ml dan aquades 500 ml. Terdapat dua sub pembahasan pada bagian ini dimana pembahasan pertama adalah tentang laju korosi dan efisiensi dari tiap inhibitor serta pembahasan kedua adalah tentang analisa morfologi sebelum dan sesudah perendaman.

Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Sebanyak 10 spesimen baja bertulang beton yang telah dipersiapkan pada penelitian ini. Masing-masing spesimen ini akan direndam pada larutan media korosif yang telah dileburkan dengan suatu jenis dan molaritas inhibitor tertentu selama 10 hari atau 240 jam. Berat dari setiap spesimen ini akan diukur untuk menentukan laju korosi yang selanjutnya akan dijadikan acuan di perhitungan efisiensi inhibitor. Adapun Tabel 2 memberikan rangkuman dari hasil perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibitor.

Tabel 2. Hasil perhitungan laju korosi dan efisiensi dari tiap inhibitor.

Jenis inhibitor	Molaritas (M)	w' (g)	w (g)	$(w' - w)$ (g)	CR (mpy)	EI
Tanpa inhibitor	-	38,2	22,3	15,9	93,27	-
Sodium nitrit	0,2	38,9	27,8	11,1	69,48	25,50%
	0,5	38,8	27,9	10,9	68,23	26,84%
	0,8	38,7	27,6	10,8	67,61	27,51%
Asam fosfat	0,2	38,5	27,9	11,2	70,11	24,83%
	0,5	38,6	27,5	11,1	69,48	25,50%
	0,8	37,9	27,7	10,2	66,98	28,18%
Asam karboksilat	0,2	38,4	27,3	11,1	69,48	25,50%
	0,5	37,7	28,1	9,6	68,23	26,84%
	0,8	37,8	26,4	11,4	65,10	30,20%

Dari tabel diatas, baja ini mengalami laju korosi sebesar 93,27 mpy ketika dimasukkan pada media korosif HCl dan aquades tanpa adanya inhibitor. Setelah dilakukan pemberian beberapa variasi jenis dan molaritas inhibitor pada media korosif, laju korosi ini melambat dengan rata-rata 68 mpy. Hal ini menandakan bahwa pemberian inhibitor mampu menghalangi laju korosi.

Terdapat tiga jenis inhibitor pada penelitian ini, yaitu sodium nitrit, asam fosfat, dan asam karboksilat. Dari ketiga jenis inhibitor tersebut, asam karboksilat dengan molaritas 0,8 M memiliki performa terbaik dalam memperlambat laju korosi dengan perhitungan laju korosi sebesar 66.98 mpy dan efisiensi inhibitor sebesar 30,20%. Selain itu, asam fosfat dengan molaritas 0,2 M memiliki performa terburuk dengan perhitungan laju korosi sebesar 70,11 mpy dan efisiensi inhibitor sebesar 24,83%. Sebagai tambahan, semakin banyak molaritas inhibitor yang diberikan, maka hasil penghambatan laju korosi juga akan semakin membaik. Hal ini sesuai dengan penelitian serupa lainnya, dimana peningkatan konsentrasi inhibitor dapat memperlambat laju korosi [10]. Pada sodium nitrit, molaritas yang paling rendah (0,2 M) memiliki laju korosi tertinggi dan efisiensi terendah, sedangkan molaritas yang paling tinggi (0,8 M) memiliki laju korosi paling lambat dan efisiensi yang tertinggi. Ini juga berlaku untuk kedua inhibitor lainnya, yaitu asam fosfat dan asam karboksilat.

Analisis Morfologi

Setelah dilakukan perendaman, semua spesimen yang telah terkorosi diambil gambar tampak melintang dan tampak atasnya. Adapun hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampak morfologi dari tiap spesimen setelah dilakukan proses korosi,

Pada bagian tampak atas dari hasil korosi dengan menggunakan inhibitor sodium nitrit, susunan molekul atom sudah hampir tidak beraturan. Dengan molaritas 0,2 M, permukaan sudah menjadi tidak rata dan membentuk cekungan-cekungan yang menandakan tingginya laju korosi dengan menggunakan konfigurasi inhibitor tersebut. Di sisi lain, struktur permukaan antara baja bertulang beton dengan molaritas 0,5 M dan 0,8 M memiliki permukaan yang hampir sama, hanya terdapat sedikit retakan pada permukaan beton dengan inhibitor bermolaritas 0,5 M.

Sedangkan pada bagian inhibitor asam fosfat, hanya gambar pada molaritas 0,2 M yang memiliki permukaan paling tidak rata dan rongga-rongga yang merupakan pori-pori baja yang terkikis. Hal ini disebabkan oleh masuknya media korosif HCl ke dalam pori-pori baja yang mengakibatkan banyaknya elektron yang terlepas dari ikatannya. Sedangkan retakan yang lebih sedikit terjadi pada dua molaritas yang lebih tinggi, yaitu 0,5 M dan 0,8 M. Serta, dapat dilihat bahwa semua spesimen mengalami uniform corrosion saat baja bertulang beton ini dimasukkan ke media korosif dengan inhibitor asam fosfat.

Pada bagian inhibitor asam karboksilat dengan molaritas 0,2 M, struktur permukaan baja bertulang beton memiliki banyak pori-pori besar yang disebabkan oleh pelepasan elektron akibat pengikisan media korosif HCl. Hal ini menandakan bahwa baja bertulang beton tersebut mengalami crevice corrosion. Sedangkan pada kedua molaritas lainnya, retakan dan rongga yang terjadi tidak seberapa parah dibandingkan dengan molaritas 0,2 M.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa terhadap penelitian yang dilakukan dengan baja bertulang pada media korosif HCl 103,6 ml dan Aquades 500 ml, dengan tiga molaritas dan tiga jenis inhibitor sodium nitrit: 0,2 M, 0,5 M, 0,8 M,

asam fosfat: 0,2 M, 0,5 M, 0,8 M, dan asam karboksilat : 0,2 M, 0,5 M, 0,8 M dan tanpa inhibitor dapat disimpulkan bahwa,

1. Inhibitor mampu menghambat laju korosi pada media asam, penambahan inhibitor pada media asam memiliki kemampuan menghambat laju korosi yang berbeda-beda sesuai dengan jenis inhibitor yang digunakan dimana inhibitor asam karboksilat dengan molaritas 0,8 M memiliki efisiensi inhibitor tertinggi sedangkan inhibitor asam fosfat dengan molaritas 0,2 M memiliki efisiensi inhibitor terendah.
2. Analisa morfologi menunjukkan bahwa struktur permukaan baja tulangan tanpa menggunakan inhibitor pada media korosif HCl memiliki permukaan yang lebih kasar dibandingkan permukaan baja betulang yang menggunakan inhibitor. Serta, semakin tinggi molaritas inhibitor yang diberikan, maka semakin baik pula permukaan dari baja bertulang beton pasca diberikan proses korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Windah, "Kekuatan Tarik Beton," *Tekno-Sipil*, vol. 9, no. 56, pp. 16–20, 2011.
- [2] B. Mahardika, H. Pratikno, and H. Ikhwan, "Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Inhibitor dan Konsentrasi Inhibitor terhadap Laju Korosi dan Penentuan Efisiensi Inhibisi pada Baja Tulangan Beton ST 42 di Kondisi Lingkungan Laut," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.18851.
- [3] P. Yatiman, "Penggunaan Inhibitor Organik Untuk Pengendalian Korosi Logam dan Paduan Logam," in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 2009, pp. 134–142.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, "Baja tulangan beton," *Standar Nas. Indones. 20522017*, p. 15, 2017.
- [5] F. Fahirah, "Korosi pada Beton Bertulang dan Pencegahannya," *SMARTek*, vol. 5, no. 3, pp. 190–195, 2012, [Online]. Available: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/460>.
- [6] H. W. Ashadi, W. Sulistyoweni, and I. Gusniani, "Pengaruh Unsur – Unsur Kimia Korosif Terhadap Laju Korosi Tulangan Beton : I. Di Dalam Air Rawa," *MAKARA Technol. Ser.*, vol. 6, no. 2, pp. 71–74, 2010, doi: 10.7454/mst.v6i2.89.
- [7] A. A. Rosidah, V. A. Setyowati, and R. Rijayanto, "The effect of time variation on the steels corrosion rate in 0.5 M H₂SO₄ solution," *J. Mech. Eng. Sci. Innov.*, vol. 1, no. 2, pp. 49–55, 2021, doi: 10.31284/j.jmesi.2021.v1i2.2183.
- [8] L. B. Permadi and A. E. Palupi, "ANALISA LAJU KOROSI PADA BAJA KARBON RINGAN (MILD STEEL) DENGAN PERLAKUAN BENDING PADA MEDIA PENGKOROSI LARUTAN ASAM," *J. Tek. Mesin*, vol. 03, no. 01, pp. 49–54, 2014.
- [9] M. R. W. Khasibudin, "Analisis Laju Korosi Baja Karbon ST 60 Terhadap Larutan Hidrogen Klorida (HCl) dan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)," *Majapahit Techno*, no. 1, pp. 88–102, 2018.
- [10] A. Nikitasari, M. S. Anwar, and Sundjono, "Evaluasi Inhibitor Sodium Nitrit Di Dalam Larutan Beton Sintetis," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 16, no. 1, pp. 12–18, 2014.