

Steel Corrosion Protection with Water-Soluble Chitosan Inhibitor in 0,1 M HCl Solution Media

Reffy Ika Fitria[✉], F. Widhi Mahatmanti, Cepi Kurniawan dan Ella Kusumastuti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Lantai 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia

Info Artikel

Diterima Maret 2021

Disetujui April 2021

Dipublikasikan Mei 2021

Keywords:

Perlindungan korosi baja

Inhibitor korosi

Kitosan larut air

Media larutan HCl

Abstrak

Korosi pada baja dapat menurunkan kualitas baja sehingga perlu adanya inhibitor korosi. Kitosan larut air dapat menjadi alternatifnya inhibitor korosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi inhibitor kitosan larut air (WSC) yang ditambahkan pada larutan korosif HCl dalam proses perlindungan baja, serta mengetahui konsentrasi maksimum WSC sebagai pelindung korosi baja. Kitosan larut air (WSC) telah dipreparasi dari kitosan dengan mereaksikannya dengan H₂O₂. Produk yang diperoleh dimanfaatkan untuk inhibitor perlindungan korosi pada baja dalam larutan korosif HCl 0,1 M. Kitosan dan WSC dikarakterisasi sifat fisik dan gugus fungsinya menggunakan FTIR dan uji fisik rendemen, viskositas, berat molekul (BM), % DD, kelarutan dan kadar air. Efektifitas WSC dalam perlindungan korosi baja dalam larutan korosif HCl 0,1 M dipelajari dengan metode pengurangan berat (*weight loss*) dan polarisasi potensiodinamik. Hasil karakterisasi awal kitosan yang digunakan adalah viskositas sebesar 1,4969 cP, BM $8,38 \times 10^4$, % DD 77,17 %, kadar air 10,25 % dan kelarutan 33,48 %. Sedangkan kitosan larut air memiliki rendemen 86,325 %, viskositas 0,296 cP, BM $6,9 \times 10^3$, % DD 79,95 %, kadar air 27,07 % dan kelarutan 72,77 %. Efisiensi inhibitor terdapat pada WSC 2000 ppm dan HCl 0,1 M yaitu diperoleh EI (Efisiensi Inhibitor) 68,15% (*weight loss*) sedangkan dengan metode polarisasi potensiodinamik didapatkan EI sebesar 87,5%.

Abstract

Corrosion in steel can reduce the steel quality, so it is necessary to have a corrosion inhibitor. Water-soluble chitosan can be an alternative as corrosion inhibitors. This study aims to determine the efficiency of water-soluble chitosan inhibitor (WSC) added to the corrosive HCl solution in the steel protection process, and to determine the maximum concentration of WSC as a steel corrosion protector. Water-soluble chitosan (WSC) has been prepared from chitosan by reacting with H₂O₂. The products obtained were used as corrosion protection inhibitors in steel in a corrosive solution of 0,1 M HCl. Chitosan and WSC were characterized by their physical properties and functional groups using FTIR and physical tests for yield, viscosity, molecular weight (BM), % DD, solubility, and water content. . The effectiveness of WSC in corrosion protection of steel in corrosive 0,1 M HCl solution was studied by weight loss and potentiodynamic polarization methods. The results obtained by chitosan were a viscosity of 1,4969 cP, BM $8,38 \times 10^4$, % DD 77,17%, 10,25% moisture content and 33,48% solubility. Water-soluble chitosan obtained yield 86.325%, viscosity 0,296 cP, BM $6,9 \times 10^3$, % DD 79,95%, water content 27,07% and 72,77% solubility. Inhibitor efficiency was found in WSC 2000 ppm and 0,1 M HCl, which was 68,15% EI (*weight loss*), while the potentiodynamic polarization method obtained an EI of 87,5%.

Pendahuluan

Baja memiliki sifat yang unggul jika dibandingkan dengan kayu dan polimer, hal ini dikarenakan sifat baja yang kuat, tidak mudah terbakar dan tahan terhadap lingkungan (Saputra *et al.*, 2014). Namun, disamping sifat unggul yang dimiliki baja, baja juga mempunyai kekurangan seperti dapat terkorosi sehingga menurunkan kualitas baja (Budianto *et al.*, 2009). Salah satu larutan elektrolit yang bereaksi langsung dengan baja secara terus-menerus dapat menyebabkan korosi adalah larutan HCl. Penggunaan HCl pada era industri saat ini saat memungkinkan akan menyebabkan korosi pada baja. Menurut Fayyad *et al.*, (2016), dari segi ekonomi, peristiwa korosi menyebabkan kerugian yang cukup besar karena korosi dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kekuatan baja. Sehingga, baja yang terkorosi perlu dilakukan penggantian. Sebagian besar baja yang terdapat di lingkungan akan mengalami korosi, seperti kerangka pada peralatan industri, kerangka kapal laut serta jembatan (Ali *et al.*, 2014). Korosi juga memungkinkan akan merugikan di aspek keamanan, sebagai contoh dapat mencemari lingkungan, menyebabkan bangunan dan jembatan roboh karena kekuatan baja menurun akibat korosi (Bahri, 2007; Rizky *et al.*, 2012).

Perlindungan korosi pada baja dapat dilakukan dengan menambahkan inhibitor pada larutan elektrolit yang dapat menyebabkan baja terkorosi. Keuntungan menggunakan metode inhibitor sebagai pelindung korosi yaitu lebih ekonomis dan efisien (Ali *et al.*, 2014; Sadik *et al.*, 2020; Sari *et al.*, 2013). Penambahan inhibitor bertujuan untuk melindungi baja dari proses korosi oleh larutan elektrolit karena inhibitor dapat menyerang Fe pada baja sehingga baja tidak bereaksi dengan larutan elektrolit. Inhibitor yang aman dan efisien dikembangkan di lingkungan adalah pemanfaatan senyawa organik sebagai inhibitor. Alasan utama pemilihan inhibitor organik lebih aman karena bersifat ramah lingkungan sehingga mengurangi kemungkinan terjadi pencemaran (Restiawan & Harmami, 2013; Sembiring, 2012). Inhibitor organik yang dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi adalah kitosan, selain jumlahnya yang melimpah di alam, kitosan juga bersifat biodegradable yang dapat terurai di alam. Disamping keunggulan yang dimiliki kitosan, kitosan juga memiliki kekurangan yaitu kelarutannya yang terbatas pada beberapa larutan asam dan air. Sehingga, dalam penelitian ini dilakukan degradasi kitosan menjadi kitosan larut air (WSC).

Penelitian ini telah dipreparasi kitosan larut air dari kitosan yang direaksikan dengan H₂O₂. Kitosan larut air yang telah dihasilkan digunakan untuk pelindung (inhibitor) korosi baja dalam media korosif larutan HCl 0,1 M untuk mengetahui bagaimana pengaruh inhibitor korosi terhadap laju korosi dan efisiensi inhibitor dalam media korosif larutan HCl 0,1 M. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh larutan korosif HCl 0,1 M dalam proses perlindungan korosi baja menggunakan inhibitor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi inhibitor WSC yang ditambahkan pada larutan korosif HCl dalam proses perlindungan baja. Serta mengetahui konsentrasi maksimum WSC sebagai pelindung korosi baja.

Metode

Penelitian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut, *beakerglass* 100 mL (*pyrex*), labu ukur 100 mL, 250 mL dan 1000 mL (*pyrex*), gelas ukur 100 mL (*pyrex*), pipet tetes, pipet volume 15 mL dan 100 mL (*pyrex*), oven, neraca analitik (Ohaus), *magnetic stirrer* (IKAMAG), gelas arloji, kertas saring *Whatman* 40, FTIR *spectrophotometer* 8201PC Shimadzu, *Scanning Electron Microscopy* Joel JED 2300, *Corrosion Monitoring System (CMS)* Gamry G750. Sedangkan, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan, lempeng baja St-37 dengan kandungan C (19%), Mn (1,19%), Si (0,247%) dan Fe (98,2%), larutan HCl 37% Merck ($\rho = 1,19 \text{ g/cm}^3$), larutan Etanol Merck ($\rho = 0,79 \text{ g/cm}^3$), CH₃COOH Glacial 100% Merck ($\rho = 1,05 \text{ g/cm}^3$), aseton Merck ($\rho = 0,79 \text{ g/cm}^3$), H₂O₂ 30% Merck ($\rho = 1,45 \text{ g/cm}^3$), NaOH Merck, aquades dan indikator pH Universal Merck.

Preparasi WSC

Sebanyak 4 gram kitosan dilarutkan dengan 80 mL CH₃COOH 2%, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan 100 rpm dan suhu 40°C, lalu ditambahkan 16 mL H₂O₂ 30% dan diaduk selama 4 jam dengan suhu 40°C, selanjutnya ditambahkan NaOH 10% sampai pH netral, ditambah etanol sebanyak 2x volume larutan, lalu larutan ditutup *plastic wrap* dan diinkubasi selama 8 jam, setelah itu dimasukkan ke oven dengan suhu 50°C selama 3 jam (Du *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2019; Xia *et al.*, 2013). Kitosan dan kitosan larut air (WSC) yang dihasilkan diuji dengan FTIR dan diuji fisik seperti rendemen, viskositas, berat molekul, %DD, kelarutan dan kadar air.

Preparasi Uji Efisiensi Inhibitor dengan metode *Weight Loss*

Baja dipotong 2x2 cm² lalu diampelas dengan ukuran 1200 grits, kemudian baja dicuci dengan aseton dan dimasukkan oven selama 15 menit dengan suhu 60°C, lalu didinginkan selama 20 menit dan ditimbang. Potongan baja kemudian di dimasukkan dalam medium korosif HCl 0,1 M yang telah ditambah inhibitor WSC dengan variasi konsentrasi inhibitor 0, 500, 1000, 1500 dan 2000 ppm. Baja direndam selama 24 jam, setelah 24 jam baja dicuci dengan aseton dan dimasukkan oven selama 15 menit dengan suhu 60°C, kemudian didiamkan dalam suhu ruang selama 20 menit dan ditimbang (Harmami *et al.*, 2019; Umoren *et al.*, 2013).

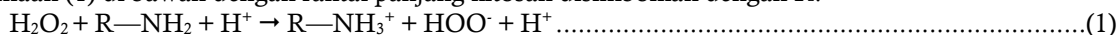
Preparasi Uji Efisiensi Inhibitor dengan metode Polarisasi Potensiodinamik

Rentang potensial yang dilakukan untuk uji dengan metode Polarisasi Potensiodinamik adalah sebesar -800 sampai -200 mV. Potongan baja sebelum dilakukan uji dengan metode ini dilakukan pencucian dengan air dan aseton. Selanjutnya, elektroda bantu, pembanding dan baja dimasukkan dalam media korosif HCl 0,1 M selama 1 jam. Waktu perendaman 1 jam dipilih untuk menghindari reaksi korosi sementara. Lalu baja diuji dengan metode polarisasi potensiodinamik (Srivastava *et al.*, 2019).

Hasil dan Pembahasan

Kitosan tidak larut air dalam penelitian ini didegradasi menjadi WSC dengan menggunakan larutan asam asetat 2% untuk melarutkan kitosan kemudian ditambah dengan larutan H₂O₂. Proses degradasi kitosan menjadi WSC menggunakan H₂O₂ karena larutan ini mudah didapatkan, relatif murah dan bersifat ramah terhadap lingkungan. Degradasi kitosan menjadi WSC terjadi karena H₂O₂ dapat membentuk radikal bebas sehingga mampu menyerang ikatan glikosida pada polimer kitosan (Wu, 2012).

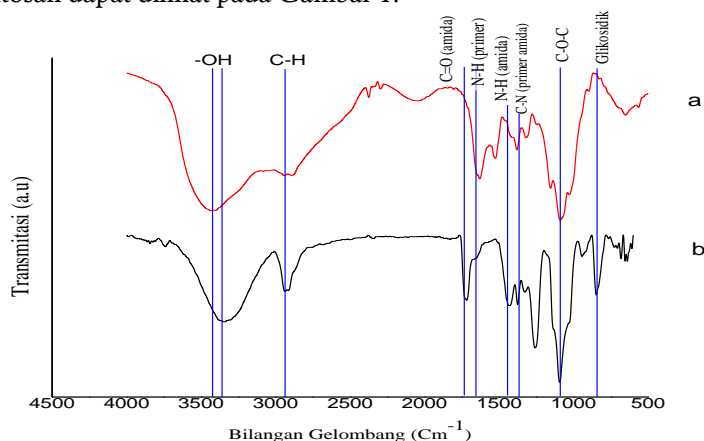
Reaksi yang terjadi saat pelarutan kitosan dengan CH₃COOH dan H₂O₂ dapat dilihat pada Persamaan (1) di bawah dengan rantai panjang kitosan disimbolkan dengan R.



Berdasarkan persamaan di atas anion dari hidroperoksida bersifat mudah mengalami dekomposisi menjadi radikal hidroksil dan kurang stabil. Persamaan reaksi tersebut dapat dilihat dalam Persamaan (2) di bawah.



Persamaan reaksi di atas dapat dilihat bahwa gugus radikal hidroksil akan menyerang ikatan glikosidik kitosan sehingga ikatan panjang kitosan terputus dan terbentuk WSC (Tian *et al.*, 2004). Spektum WSC dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektra FTIR (a) WSC, (b) Kitosan

Pada penelitian ini, FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada kitosan dan WSC. Spektrum kitosan yang disajikan pada Gambar 1 menunjukkan adanya serapan bilangan gelombang 3345,55 cm⁻¹ oleh O-H (vibrasi ulur) (Li *et al.*, 2014), serapan gelombang 2937,46 cm⁻¹ diakibatkan adanya getaran C-H (sp³) (Moussout *et al.*, 2016), 1717,28 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=O (amida) (vibrasi ulur) (Kumari *et al.*, 2015), 1426,9 cm⁻¹ adanya vibrasi tekuk amida -NH (Ramasamy

et al., 2014), puncak 1375,79 cm^{-1} akibat adanya vibrasi ulur amida C-N (Singh *et al.*, 2009), puncak pada 1093,57 cm^{-1} yang terjadi akibat adanya C-O-C (vibrasi ulur) (Wu, 2012) serta pada bilangan gelombang 842 cm^{-1} yang disebabkan oleh adanya gugus Glikosidik pada kitosan. Namun, bilangan gelombang ini tidak ditemukan pada WSC. Hal ini diakibatkan oleh terputusnya sejumlah ikatan β -(1,4) glikosida pada kitosan sehingga kitosan larut air terbentuk (Moussout *et al.*, 2016; Wu, 2012).

Spektra pada kitosan larut air (WSC) adanya serapan pada 3433,75 cm^{-1} yang diakibatkan adanya gugus O-H (vibrasi ulur) (Li *et al.*, 2014), 2879 cm^{-1} adanya getaran oleh gugus C-H (Ramasamy *et al.*, 2014), 1629,96 cm^{-1} yang disebabkan oleh vibrasi ulur N-H (amida) (Kumari *et al.*, 2015), 1380,78 cm^{-1} adanya C-NH₂ (vibrasi ulur) (Singh *et al.*, 2009), puncak 1090,05 cm^{-1} muncul karena terdapat gugus -C-O-C (vibrasi ulur) (Xia *et al.*, 2013).

Spektra yang dihasilkan dalam penelitian ini hampir sama dengan penelitian yang telah dilakukan terdahulu sehingga dapat dijadikan perbandingan. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Singh *et al.*, (2009) dan Wu, (2012) regangan simetris pada ikatan -OH dan -NH₂ yang terbentuk puncak pada bilangan gelombang 3600-3200 cm^{-1} . Panjang gelombang 2918-2879 cm^{-1} menunjukkan adanya peregangan pada gugus C-H (Kumari *et al.*, 2015; Ramasamy *et al.*, 2014). Pada bilangan gelombang 1788 cm^{-1} terjadi peregangan karbonil amida. Pada penelitian Kumari *et al.* (2015) puncak ini hanya ditemukan pada kitosan. Penelitian yang telah dilakukan oleh Li *et al.*, (2014), menunjukkan bahwa terjadi penyerapan bilangan gelombang pada puncak 1639-1655 cm^{-1} (peregangan -NH). Puncak ini hanya terdapat pada WSC. Peregangan pada gugus N-H amida terdapat hanya pada kitosan, gugus ini terdapat pada bilangan gelombang 1444 cm^{-1} . Kitosan dan WSC memiliki puncak pada bilangan gelombang 1309 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C-N primer pada keduanya (Kumari *et al.*, 2015). Puncak 1074 cm^{-1} juga ditemukan pada spektrum kitosan dan kitosan larut air. Puncak ini menunjukkan adanya regangan dari ikatan C-O-C dalam cincin glukosa. Spektrum kitosan menunjukkan struktur glukosa dipuncak sekitar 897 cm^{-1} . Puncak penyerapan pada bilangan gelombang 897 menunjukkan adanya ikatan β -(1,4) glikosida pada kitosan. Namun, puncak 897 cm^{-1} tidak ditemukan pada kitosan larut air.

Kitosan dan WSC secara fisik memiliki beberapa perbedaan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisik kitosan dan WSC

No	Sifat Fisik	Keterangan	
		Kitosan	WSC
1.	Warna	Putih	Kekuningan
2.	Ukuran Kristal	Kristal Kasar	Kristal Halus
3.	Randemen (%)	-	86,325
4.	Viskositas (cP)	1,4969	0,296
5.	BM (kDa)	8,38 x 10 ⁴	6,9 x 10 ³
6.	DD (%)	77,17	79,95
7.	Kadar Air (%)	10,25	27,07
8.	Kelarutan (%)	33,48	72,77

Efisiensi Inhibitor

Efisiensi inhibitor WSC dengan metode *weight loss* (penghilangan berat) ini dapat dihitung dengan perbandingan berat baja awal dan massa (berat) baja setelah direndam dalam larutan korosif HCl 0,1 M dan larutan inhibitor WSC yang divariasikan konsentrasinya. Efisiensi inhibitor WSC dengan metode *weight loss* disajikan dalam Tabel 2. Hasil paling maksimum dari WSC sebagai inhibitor pada baja adalah dengan konsentrasi inhibitor sebesar 2000 ppm dalam larutan HCl 0,1 M yaitu EI yang didapatkan adalah sebesar 68,15%.

Tabel 2. Data efisiensi inhibitor dan laju korosi metode *weight loss*

Perlakuan	ΔW (g)	CR (mpy)	EI (%)
0 ppm	0,294	4,5294	0
500 ppm	0,099	1,5233	66,37
1000 ppm	0,107	1,6449	63,68
1500 ppm	0,106	1,6244	64,14
2000 ppm	0,094	1,4427	68,15

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan dengan penambahan inhibitor dengan variasi konsentrasi 500-2000 ppm mampu melindungi baja dari korosi oleh larutan HCl 0,1 M. Hal ini dibuktikan dengan hasil EI (%) yang didapat dari pengukuran menunjukkan hasil lebih dari 50%. Dengan penambahan inhibitor WSC 2000 ppm korosi pada baja dapat terlindungi paling maksimum diantara konsentrasi inhibitor yang lainnya. Hal ini terjadi karena penambahan inhibitor 2000 ppm menyebabkan baja akan lebih memungkinkan bereaksi dengan gugus amina yang terdapat pada inhibitor WSC daripada larutan HCl karena konsentrasi inhibitor yang tinggi. Hasil yang didapatkan ini sebanding dengan yang telah dilakukan oleh Harmami *et al.*, (2019), yaitu menggunakan WSC sebagai inhibitor korosi pada *tinplate*. Didapatkan hasil bahwa penambahan inhibitor dengan konsentrasi paling tinggi (1300 ppm) mendapatkan efisiensi inhibitor (EI) paling tinggi yaitu 72,73 % diantara konsentrasi inhibitor lainnya yang ditambahkan. Hal ini disebabkan oleh inhibitor teradsorpsi ke permukaan baja dan kandungan amina pada WSC paling banyak diantara yang lain yang menyebabkan permukaan baja terlindungi oleh gugus amina sehingga permukaan baja tidak dapat diserang oleh larutan korosif dan proses korosi menjadi terhambat.

Polarisasi potensiodinamik merupakan metode yang digunakan selanjutnya untuk menguatkan hasil EI (%) metode *weight loss* yang telah dilakukan. Hasil dari uji dengan polarisasi potensiodinamik ditunjukkan dalam Tafel plot. Tafel plot yang didapatkan akan diperoleh parameter korosi I_{corr} dan E_{corr} yang dapat dilihat dalam Tabel 4. Penelitian oleh Raja *et al.*, (2013), menjelaskan ekstrapolasi pada plot Tafel terjadi karena reaksi katodik dan anodik terjadi bersama pada E_{corr} .

Nilai I_{corr} menurun sebanding dengan bertambah besarnya konsentrasi WSC yang ditambahkan dalam larutan korosif HCl 0,1 M. Senyawa yang terdapat pada WSC terserap pada lapisan luar baja dan membentuk lapisan pelindung yang menyebabkan reaksi korosi pada baja terhambat (Ansari & Quraishi, 2015). Efisiensi inhibitor dengan penambahan 2000 ppm inhibitor dalam larutan HCl 0,1 M mampu melakukan perlindungan sebesar 87,5%. Hal ini dikarenakan lapisan pelindung teradsorpsi dan terdifusi ke permukaan baja sehingga terlindungi oleh inhibitor WSC.

Pada data yang dapat dilihat dalam Tabel 3, menunjukkan selisih nilai E_{corr} sampel dengan blanko mendapatkan hasil lebih kecil dari 85 V. Tipe inhibitor WSC dalam kondisi ini merupakan tipe campuran katodik dan anodik (Anejjar *et al.*, 2014). Pelarutan baja dalam larutan HCl 0,1 M terjadi pada daerah anodik berhubungan dengan reaksi anodik, sedangkan berkaitan dengan pembentukan gas hidrogen (H_2) terjadi pada area katodik. Penelitian yang telah dilakukan oleh Wang *et al.*, (2019), dengan menggunakan rentang potensial potensial -0,3 V sampai +0,3 V dengan sampel baja karbon dan inhibitor oligosakarida kitosan didapatkan hasil bahwa selisih E_{corr} sampel dengan blanko adalah terdapat pada rentang 0,1-0,2 V sehingga dikatakan bahwa inhibitor yang digunakan merupakan tipe campuran karena menyerang pada daerah anodik dan katodik.

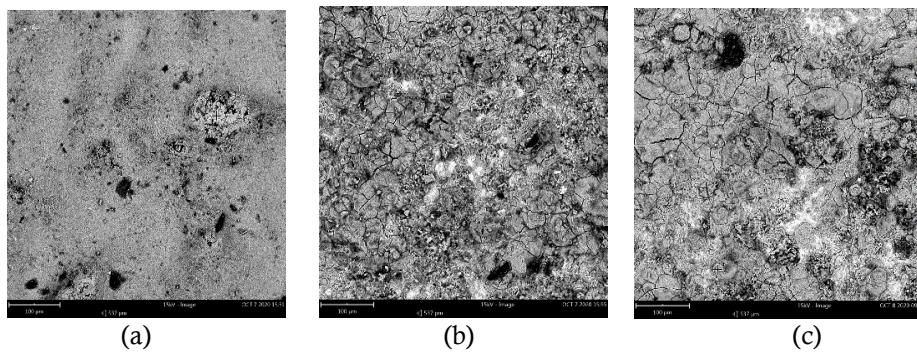
Tabel 3. Korosi metode polarisasi potensiodinamik

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Metode Tafel			EI (%)
	I_{corr} (Ampere/cm ²)	E_{corr} (Volt)	CR (mpy)	
0	204×10^{-6}	-547	173,9	-
500	$31,80 \times 10^{-6}$	-495	27,04	84,4
1000	$77,4 \times 10^{-6}$	-482	65,83	62,1
1500	$37,2 \times 10^{-6}$	-521	31,62	81,8
2000	$25,5 \times 10^{-6}$	-515	21,71	87,5

Analisis Morfologi Baja Dengan SEM-EDX

Morfologi permukaan spesimen baja dalam larutan HCl 0,1 M dengan dan tanpa inhibitor dianalisis dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Analisis dilakukan setelah proses perendaman selama 24 jam. Morfologi permukaan baja dapat dilihat dalam Gambar 2. Morfologi permukaan baja yang telah diamplas namun sebelum direndam dalam larutan korosif dapat dilihat pada Gambar 2 (a). Baja ini memiliki permukaan yang halus karena belum mengalami korosi. Sedangkan baja yang telah direndam HCl 0,1 M selama 24 jam (Gambar 2 (b)) dapat dilihat jika permukaannya kasar dan rusak karena mengalami korosi. Pada penambahan inhibitor WSC 2000 ppm dengan larutan korosif HCl 0,1 M dapat menekan laju korosi pada baja (Gambar 2 (c)) hal ini dibuktikan adanya sedikit kerusakan pada permukaan baja yang direndam dengan larutan HCl 0,1 M yang telah ditambahkan larutan inhibitor WSC. Penambahan inhibitor

menyebabkan penurunan laju korosi dan kerusakan permukaan telah berkurang secara signifikan dibandingkan dengan larutan korosif asam HCl. Hasil yang didapatkan ini sebanding dengan penelitian telah dilakukan oleh Wang *et al.*, (2019). Penelitian yang telah dilakukan oleh Wang *et al.*, (2019), permukaan baja yang telah diampelas dan belum direndam dengan larutan korosif maupun larutan inhibitor terlihat belum ada lubang dipermukaan baja namun, terdapat sedikit goresan yang diakibatkan pada saat proses pengampelasan permukaan baja. Sedangkan, permukaan baja yang telah direndam dengan larutan korosif terlihat sangat rusak dengan retakan dan lubang yang sangat besar. Hal ini menunjukkan bahwa baja yang direndam dengan larutan korosif terjadi proses korosi. Pada permukaan baja yang direndam dengan penambahan larutan inhibitor kitosan oligosakarida relatif baik, hanya terdapat lubang dan retakan kecil karena adanya serangan lokal pada permukaan baja. hal ini juga menunjukkan inhibitor membentuk lapisan pelindung pada permukaan baja sehingga pada baja yang direndam dengan inhibitor tidak terlaui rusak oleh korosi.



Gambar 2. Morfologi Permukaan Baja (a) Sebelum di rendam (b) Direndam dengan larutan HCl 0,1 M (c) Dengan penambahan inhibitor 2000 ppm

Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy digunakan untuk mengetahui komposisi permukaan sampel baja ringan dengan dan tanpa inhibitor WSC. Kandungan Fe, N dan C dari uji menggunakan EDX dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Fe pada permukaan baja

Parameter	Fe (%)	N (%)	C (%)
Sebelum direndam	59,26	4,63	2,58
Direndam HCl	74,34	3,71	1,66
Ditambah Inhibitor	37,11	9,59	5,11

Penelitian ini menggunakan baja jenis St-37. Kandungan unsur kimia baja St-37 ditampilkan dalam Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Kandungan unsur kimia baja St-37 (Lipi Laboratory, 2016)

No	Unsur Kimia	Kandungan (%)
1	C (Karbon)	0,134
2	Mn (Mangan)	1,19
3	Si (Silikon)	0,247
4	Fe (Besi)	98,2

Presentase kandungan atom Fe pada sampel baja sebelum direndam larutan korosif sebesar 59,26%. Pada komposisi awal baja St-37 unsur C mengandung 0,13% dalam baja sedangkan pada analisis EDX baja sebelum direndam dengan larutan korosif dan inhibitor didapatkan kandungan C sebesar 2,58% hal ini terjadi karena adanya pengotor pada sampel baja saat bereaksi dengan lingkungan (Yadav *et al.*, 2018). Kandungan Fe pada sampel baja yang telah direndam dalam larutan korosif asam sebesar 74,34%, sedangkan pada sampel baja yang direndam larutan korosif dengan penambahan inhibitor memiliki kandungan Fe sebesar 37,11%. Berdasarkan mekanisme kerja EDX yaitu dengan menembakkan sinar pada titik tertentu yang menyebabkan sinar X yang dapat masuk ke permukaan baja berbeda-beda kedalamannya disetiap titik yang di tembak sinar (Wang *et al.*, 2019). Pada penelitian ini baja yang belum direndam dengan larutan HCl dan inhibitor dapat menembus lapisan baja dengan kedalaman tertentu.

Baja yang direndam dengan HCl saja tanpa inhibitor tidak memiliki lapisan pelindung sehingga sinar X yang ditembak dari EDX dapat langsung menembak permukaan baja karena tidak ada lapisan yang melindungi baja. Pada baja dengan penambahan inhibitor menunjukkan jumlah Fe yang paling kecil karena pada baja telah dilakukan perlindungan oleh inhibitor sehingga sinar X dari EDX menembus lapisan pelindung inhibitor terlebih dahulu sehingga didapatkan Fe yang paling kecil. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan komposisi C pada baja St-37 yaitu C awalnya 0,13% meningkat setelah direndam larutan inhibitor sebesar 5,11% dan terdapat unsur N sebanyak 9,59%. Atom C dan N menunjukkan adanya inhibitor WSC sebagai pelindung di permukaan baja (Wang *et al.*, 2019).

Simpulan

Kitosan larut air (WSC) yang diperoleh dari preparasi kitosan dihasilkan sebesar 86,325% rendemen yang menunjukkan metode yang digunakan efektif untuk menghasilkan WSC. Hasil yang didapatkan dari uji fisik kitosan adalah viskositas sebesar 1,4969 cP, berat molekul $8,38 \times 10^4$, % DD 77,17 %, kadar air 10,25 % dan kelarutan 33,48 %. Kitosan larut air didapatkan hasil rendemen sebesar 86,325 %, viskositas 0,296 cP, berat molekul $6,9 \times 10^3$, % DD 79,95 %, kadar air 27,07 % dan kelarutan 72,77 %. Efisiensi penghambatan maksimum dengan metode weight loss WSC 68,15% sedangkan dengan metode polarisasi potensiodinamik yaitu 87,5% dengan penambahan WSC sebesar 2000 ppm dalam larutan HCl 0,1 M.

Daftar Pustaka

- Ali, F., Saputri, D., & Nugroho, R. F. (2014). Pengaruh Waktu Perendaman Dan Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium Guajava , Linn) Sebagai Inhibitor Terhadap Laju Terhadap Laju Korosi Baja Ss 304 Dalam Larutan Garam Dan Asam. *Teknik Kimia*, 20(1): 28–37.
- Anejjar, A., Salghi, R., Zarrouk, A., Benali, O., Zarrok, H., Hammouti, B., & Ebenso, E. E. (2014). Inhibition Of Carbon Steel Corrosion In 1m Hcl Medium By Potassium Thiocyanate. *Journal Of The Association Of Arab Universities For Basic And Applied Sciences*, 15(1): 21–27.
- Ansari, K. R., & Quraishi, M. A. (2015). Effect Of Three Component (Aniline-Formaldehyde And Piperazine) Polymer On Mild Steel Corrosion In Hydrochloric Acid Medium. *Journal Of The Association Of Arab Universities For Basic And Applied Sciences*, 18: 12–18.
- Bahri, S. (2007). Penghambatan Korosi Baja Beton Dalam Larutan Garam Dan Asam Dengan Menggunakan Campuran Senyawa Butilamina Dan Oktilamina. *Gradien*, 3(1): 231–236.
- Budianto, A., Purwantini, K., & Tjipto Sujitno, B. (2009). Pengamatan Struktur Mikro Pada Korosi Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan. *Jurnal Forum Nuklir*, 3(2), 107.
- Du, Y., Zhao, Y., Dai, S., & Yang, B. (2009). Preparation Of Water-Soluble Chitosan From Shrimp Shell And Its Antibacterial Activity. *Innovative Food Science And Emerging Technologies*, 10(1): 103–107.
- Fayyad, E. M., Sadasivuni, K. K., Ponnamma, D., & Al-Maadeed, M. A. A. (2016). Oleic Acid-Grafted Chitosan/Graphene Oxide Composite Coating For Corrosion Protection Of Carbon Steel. *Carbohydrate Polymers*, 151: 871–878.
- Harmami, H., Ulfan, I., Sakinah, A. H., & Ni'mah, Y. L. (2019). Water-Soluble Chitosan From Shrimp And Mussel Shells As Corrosion Inhibitor On Tinplate In 2% NaCl. *Malaysian Journal Of Fundamental And Applied Sciences*, 15(2): 212–217.
- Kumari, S., Rath, P., Sri Hari Kumar, A., & Tiwari, T. N. (2015). Extraction And Characterization Of Chitin And Chitosan From Fishery Waste By Chemical Method. *Environmental Technology And Innovation*, 3: 77–85.
- Li, M., Xu, J., Li, R., Wang, D., Li, T., Yuan, M., & Wang, J. (2014). Simple Preparation Of Amino thiourea-Modified Chitosan As Corrosion Inhibitor And Heavy Metal Ion Adsorbent. *Journal Of Colloid And Interface Science*, 417: 131–136.
- Li, N., Xiong, X., Ha, X., & Wei, X. (2019). Comparative Preservation Effect Of Water-Soluble And Insoluble Chitosan From Tenebrio Molitor Waste. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 133: 165–171.

- Lipi Laboratory. (2016). *Report Of Analysis*. Upt Balai Pengolahan Mineral Lampung.
- Moussout, H., Ahlafi, H., Aazza, M., & Bourakhouadar, M. (2016). Kinetics And Mechanism Of The Thermal Degradation Of Biopolymers Chitin And Chitosan Using Thermogravimetric Analysis. *Polymer Degradation And Stability*, 130: 1–9.
- Raja, P. B., Qureshi, A. K., Abdul Rahim, A., Osman, H., & Awang, K. (2013). Neolamarckia Cadamba Alkaloids As Eco-Friendly Corrosion Inhibitors For Mild Steel In 1m Hcl Media. *Corrosion Science*, 69: 292–301.
- Ramasamy, P., Subhapradha, N., Shanmugam, V., & Shanmugam, A. (2014). Extraction, Characterization And Antioxidant Property Of Chitosan From Cuttlebone Sepia Kobiensis (Hoyle 1885). *International Journal Of Biological Macromolecules*, 64: 202–212.
- Restiawan, D., & Harmami. (2013). Kinina Sebagai Inhibitor Korosi Baja Ss 304. *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 2(1): 4–7.
- Sadik, K., Hamdani, N. El, Hachim, M. E., Byadi, S., Bahadur, I., & Aboulmouhajir, A. (2020). Towards A Theoretical Understanding Of Alkaloid-Extract Cytisine Derivatives Of Retama Monosperma (L.) Boiss. Seeds, As Eco-Friendly Inhibitor For Carbon Steel Corrosion In Acidic 1m Hcl Solution. *Journal Of Theoretical And Computational Chemistry*, 19(5): 1294–1305.
- Saputra, H., Syarief, A., & Maulana, Y. (2014). Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 03(2): 91–98.
- Sari, D., Handani, S., & Yetri, Y. (2013). Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 Dalam Medium Asam Klorida Dan Natrium Klorida Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (Camelia Sinensis). *Jurnal Fisika Unand*, 2(3): 204–211.
- Sembiring, R. S. I. Dan M. P. (2012). Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Gambir Dengan Pelarut Etanol-Air Terhadap Laju Korosi Besi Pada Air Laut. 5(2): 175–179.
- Singh, J., Dutta, P. K., Dutta, J., Hunt, A. J., Macquarrie, D. J., & Clark, J. H. (2009). Preparation And Properties Of Highly Soluble Chitosan-L-Glutamic Acid Aerogel Derivative. *Carbohydrate Polymers*, 76(2): 188–195.
- Srivastava, M., Srivastava, S. K., Nikhil, Ji, G., & Prakash, R. (2019). Chitosan Based New Nanocomposites For Corrosion Protection Of Mild Steel In Aggressive Chloride Media. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 140: 177–187.
- Tian, F., Liu, Y., Hu, K., & Zhao, B. (2004). Study Of The Depolymerization Behavior Of Chitosan By Hydrogen Peroxide. *Carbohydrate Polymers*, 57(1): 31–37.
- Umoren, S. A., Banera, M. J., Alonso-Garcia, T., Gervasi, C. A., & Mirifico, M. V. (2013). Inhibition Of Mild Steel Corrosion In Hcl Solution Using Chitosan. *Cellulose*, 20(5): 2529–2545.
- Wang, C., Chen, J., Hu, B., Liu, Z., Wang, C., Han, J., Su, M., Li, Y., & Li, C. (2019). Modified Chitosan-Oligosaccharide And Sodium Silicate As Efficient Sustainable Inhibitor For Carbon Steel Against Chloride-Induced Corrosion. *Journal Of Cleaner Production*, 238: 117823.
- Wu, S. (2012). Preparation Of Chitooligosaccharides From Clanis Bilineata Larvae Skin And Their Antibacterial Activity. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 51(5), 1147–1150.
- Xia, Z., Wu, S., & Chen, J. (2013). Preparation Of Water Soluble Chitosan By Hydrolysis Using Hydrogen Peroxide. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 59: 242–245.
- Yadav, V. K., & Fulekar, M. H. (2018). Biogenic Synthesis Of Maghemite Nanoparticles (γ -Fe₂O₃) Using Tridax Leaf Extract And Its Application For Removal Of Fly Ash Heavy Metals (Pb, Cd). *Materials Today: Proceedings*, 5(9): 20704–20710.
- Yuli Rizky Ananda Nasution, Sri Hermawan, & Rosdanelli Hasibuan. (2012). Penentuan Efisiensi Inhibisi Reaksi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L). *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 1(2): 45–48.