

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab IV Hasil dan Pembahasan dijelaskan mengenai proses pembuatan inhibitor microwave benalu kapuk (*Dendrophthoe pentandra*), pengujian kualitatif, pengujian *weight loss*, pengujian polarisasi dan mekanisme inhibisi dalam penelitian mengenai “Studi Inhibitor Organik Ekstrak Daun Benalu Kapuk (*Dendrophthoe pentandra*) Pada Baja JIS SS41 di lingkungan 3,5% NaCl”

4.1 Pengujian Kualitatif

Berikut adalah hasil uji kualitatif dari bahan perbandingan dan ekstrak daun, tujuan pengujian ini untuk mengetahui apakah daun benalu kapuk memiliki kandungan imidazole atau tidak.



Gambar 4.1 Perbandingan Hasil Uji Kualitatif (A) Imidazol Murni
(B) Imidazol Pada Ekstrak Daun Benalu Kapuk

Setelah dilakukan pengujian kualitatif untuk zat imidazole murni dan ekstrak daun, didapatkan hasil pengujian dengan imidazole murni menghasilkan warna Merah-Oranye bening. Dan hasil ekstrak daun benalu memiliki warna Merah-Oranye / Jingga juga akan tetapi lebih gelap. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian kualitatif imidazole dengan PH 6 - 7 dari Jurnal Rubashkyn (2007) di Gambar 4.2, maka dapat diketahui bahwa hasil pengujian kualitatif pada imidazole murni dan ekstrak daun memiliki warna hidup seperti di gambar dan memiliki

warna yang sama dengan pengujian kontrol imidazole murni. Sehingga bisa disimpulkan bahwa, ekstrak daun Benalu Kapuk (*Dendrophthoe pentandra*) memiliki kandungan imidazole, akan tetapi warna ekstrak daun benalu lebih gelap dari hasil imidazole murni yang menunjukkan ekstraknya tidak murni imidazole akan tetapi ada kandungan / senyawa lain pada ekstrak yang membuat warnanya gelap, kandungan imidazole ini adalah salah satu syarat untuk inhibitor seperti pada Gambar 4.2. Jika suatu tanaman tidak memiliki salah satu dari kandungan Gambar 4.2, maka tidak bisa dipakai sebagai inhibitor korosi.



Gambar 4.2 Hasil Uji Kualitatif Imidazole pH 7 dan pH 6 (Rubashkyn, 2007)

4.2 Hasil Pengujian *Weight Loss*

Berikut adalah hasil pengujian *weight loss*, pengujian ini dilakukan dengan cara perendaman spesimen dengan waktu dan konsentrasi inhibitor tertentu dan setelah itu diukur perbedaan berat sebelum / sesudah perendaman untuk mendapatkan hasil laju korosi dan efisiensi inhibitor. Dalam pengukuran *weight loss* ini menggunakan variabel konsentrasi inhibitor 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm dari ekstrak daun Benalu Kapuk (*Dendrophthoe pentandra*) dan lama perendaman 1, 7 dan 8 hari dengan media pengkorosi 3.5% NaCl mengikuti standar ASTM G31-72.

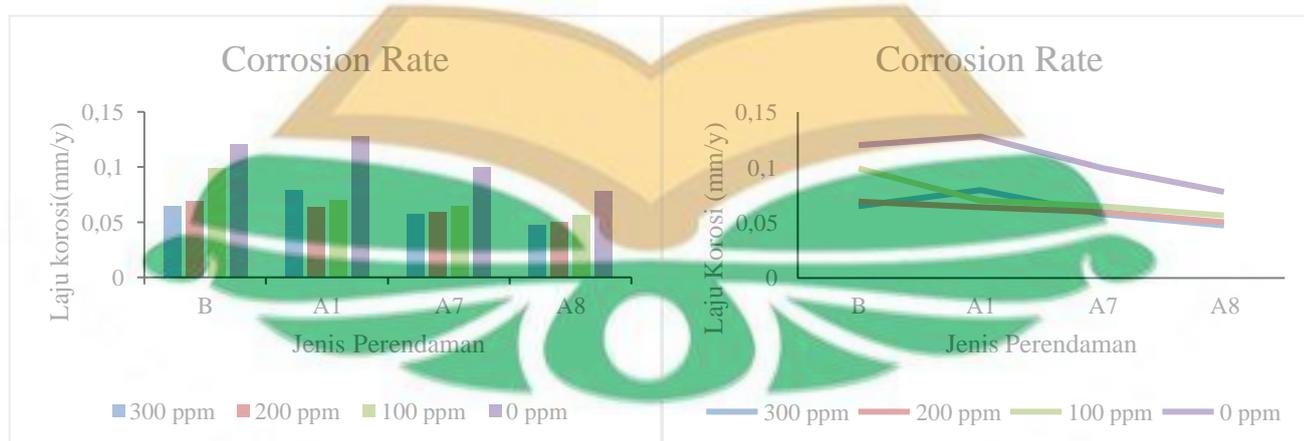
Hasil data laju korosi dan efisiensi inhibitor pada perendaman hari 7 atau A7 digunakan sebagai patokan dan pembanding dengan laju korosi / efisiensi inhibitor jurnal lain, sementara data A1, A8 dan B dijadikan analisa inhibisi dan analisa korosi yang terjadi.

Tabel 4.1 Data Laju korosi dan Efisiensi Inhibitor Hasil Pengujian Immersi

Konsentrasi Inhibitor	Laju Korosi (mm/y)				Efisiensi Inhibitor(%)			
	B	A1	A7	A8	B	A1	A7	A8
0 PPM	0,12	0,112	0,099	0,078	-	-	-	-
100 PPM	0,099	0,066	0,064	0,056	17,59	41,09	35,04	27,74
200 PPM	0,068	0,059	0,059	0,05	42,67	46,91	40,43	35,8
300 PPM	0,065	0,067	0,057	0,047	45,92	40,21	41,97	39,38

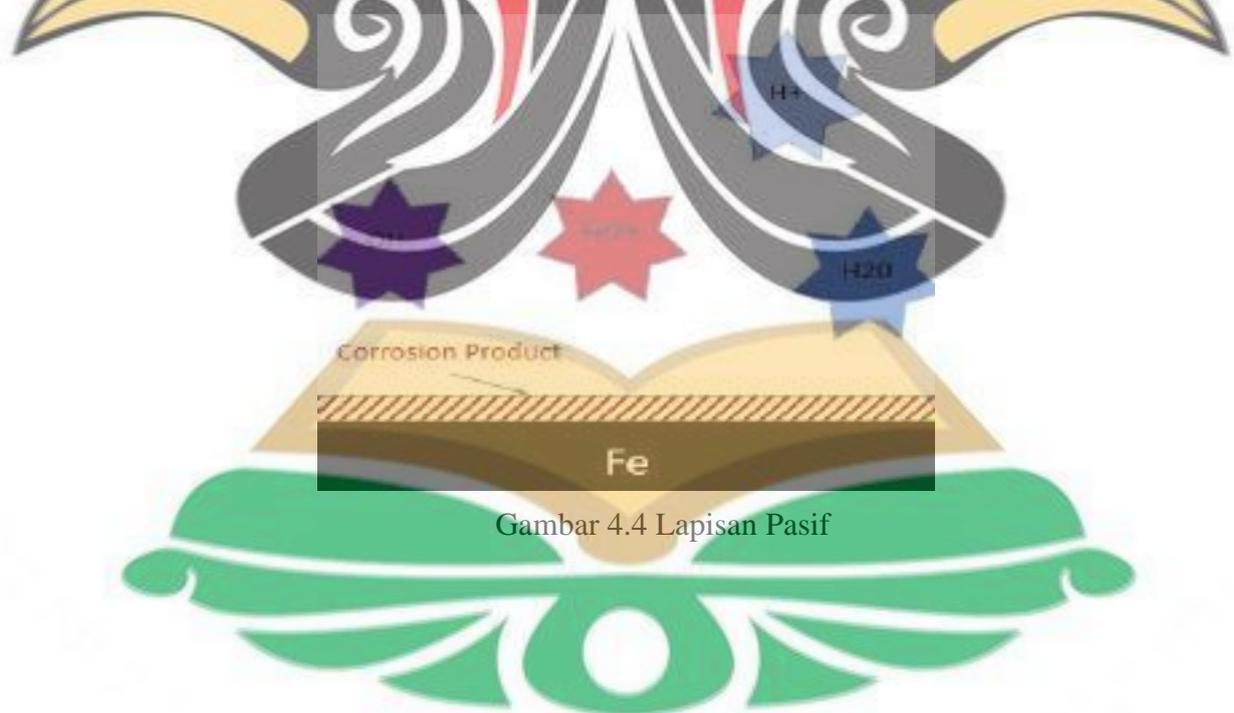
Pada Tabel 4.1 hasil percobaan immersi tersebut berdasarkan standar ASTM 31-72 dan hasil pengukuran *weight loss* yang diperoleh kemudian dihitung laju korosi dan efisiensi inhibitor berdasarkan rumus (2.1) sementara perhitungan laju korosi dan rumus (2.2). Dari data Tabel 4.1 ada trend dimana jika laju korosi pada besi tanpa inhibitor dibandingkan laju korosi besi dengan inhibitor, mempunyai laju korosi lebih besar dibanding pengujian immersi besi dengan inhibitor, sehingga bisa dibilang bahwa ekstrak daun benalu bisa digunakan sebagai inhibitor korosi pada besi di lingkungan air laut atau 3.5% NaCl

Untuk rata-rata laju korosi terbesar terjadi pada pengujian perendaman B (1 hari perendaman dengan air bekas) 0 ppm Inhibitor dengan rata-rata laju korosi 0,1202 mm/y. Sedangkan rata-rata laju korosi terkecil terjadi pada pengujian A8 (8 hari perendaman) 300 ppm inhibitor dengan rata-rata laju korosi 0,0474 mm/y.

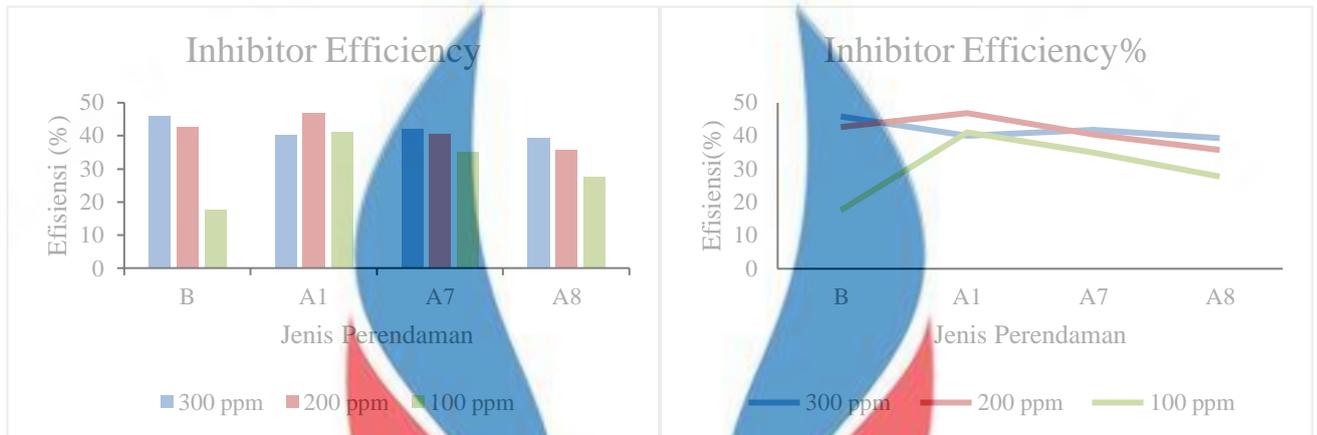


Gambar 4.3 Hasil Laju Korosi

Dari Gambar 4.3 menunjukkan bahwa spesimen besi dengan perendaman hari menunjukkan laju korosi yang besar. Akan tetapi semakin lama perendamannya, laju korosi menurun seiring waktu. Hal ini dikarenakan oleh proses *passivation* atau proses *pasivasi*. Dimana pada permukaan logam akan membentuk lapisan pasif atau lapisan pelindung dalam bentuk produk korosi (karat/metal oxide/ Fe_3O_4) yang melindungi lapisan besi dibawah produk korosi dari serangan korosi yang bertambah pada permukaan seiring waktu (Priyotomo, 2018). Akan tetapi lapisan pasif ini tidak selamanya melindungi besi, dan laju korosi tidak selamanya menurun terus. Dalam lingkungan korosif seperti air laut, zat-zat korosif seperti klorida secara perlahan-lahan bisa menembus atau menghancurkan lapisan pasif / produk korosi. Lapisan pasif akan terbentuk lagi selama daerah anodik besi terkorosi sehingga membuat lapisan pasif baru yang membuat laju korosi naik / turun atau stabil (Emmanuel Iyeni, 2020).



Gambar 4.4 Lapisan Pasif

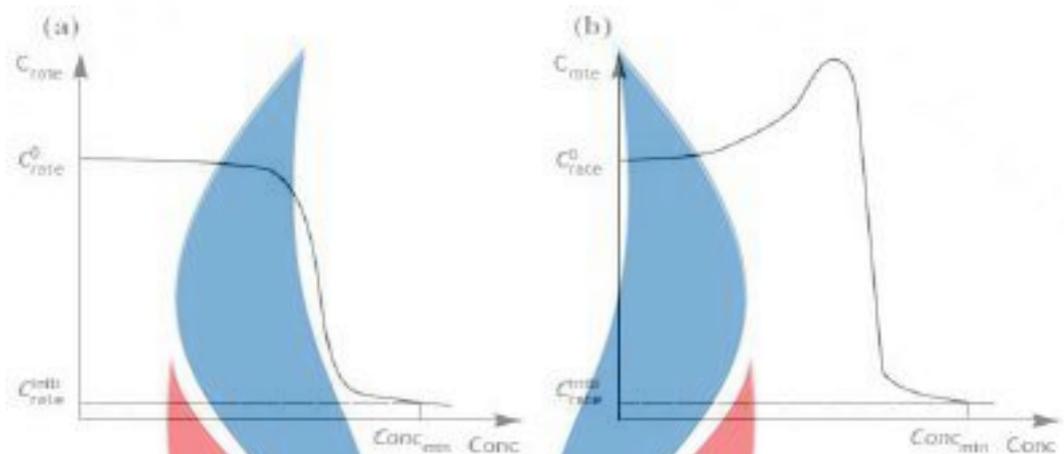


Gambar 4.5 Efisiensi Inhibitor

Dari Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa efisiensi inhibitor semakin naik seiring bertambahnya konsentrasi dan semakin menurun seiring bertambahnya waktu perendaman, dapat dilihat dari perendaman A1 ke perendaman A7 dan A8 dan dapat diketahui juga variabel yang meningkatkan efisiensi inhibitor adalah jumlah konsentrasi inhibitor. Semakin besar konsentrasi inhibitor maka semakin besar efisiensi inhibitorynya.

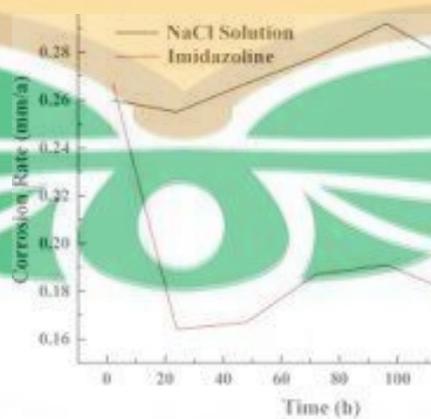
Rata-rata efisiensi inhibitor terbesar terjadi pada pengujian A1 (perendaman 1 hari) dengan 200 ppm dengan nilai sebesar 46,91% efisiensi. Sedangkan untuk efisiensi inhibitor terkecil atau terburuk terjadi pada pengujian B (perendaman 1 hari dengan solution bekas A7) 100 ppm dengan efisiensi 17,59%.

Laju korosi dapat dikurangi dengan menambah inhibitor korosi, seperti ekstrak daun Benalu Kapuk (*Dendrothoe pentandra*). Berdasarkan gambar 4.3 dan gambar 4.5, semakin banyak konsentrasi inhibitor maka semakin berkurang laju korosi dan semakin besar efisiensi inhibitorynya. Hal ini dikarenakan semakin banyak konsentrasi inhibitor pada lingkungan maka semakin banyak perlindungan korosi pada besi. Akan tetapi pada pengujian A1 dengan konsentrasi inhibitor 300 ppm memiliki anomali, dimana laju korosi yang seharusnya menurun tiap pertambahan konsentrasi inhibitor malah meningkat. Menurut Pietro Pedefferi (2018) hal ini dinamakan *Unsafe inhibitor* dimana laju korosi tidak berkurang seiring ditambah konsentrasi inhibitor.



Gambar 4.6 (a) Safe inhibitor (b) Unsafe Inhibitor(Pietro, 2018)

Menurut Jurnal Yiyang Cai (2018), terjadinya fenomena unsafe inhibitor dikarenakan terjadinya percepatan korosi, biasanya inhibitor korosi membuat lapisan pelindung pada permukaan logam, namun perlindungan ini memerlukan waktu seperti yang bisa dilihat pada Gambar 4.7 sehingga pada konsentrasi inhibitor tertentu, saat lapisan perliindungannya belum penuh ada beberapa daerah anodik yang belum terlindung, karena daerah anodik terekspos sedikit dari perlindungan yang belum penuh, terjadi akselerasi korosi pada daerah yang terekspos (belum terlindung), karena sedikitnya daerah anodik sebagai tempat reaksi oksidasi sehingga mempromosikan *localized corrosion* pada daerah yang belum tertutup (Yiyang Cai, 2018).



Gambar 4.7 Laju Korosi Imidazole vs NaCl Solution(Yiyang, 2018)

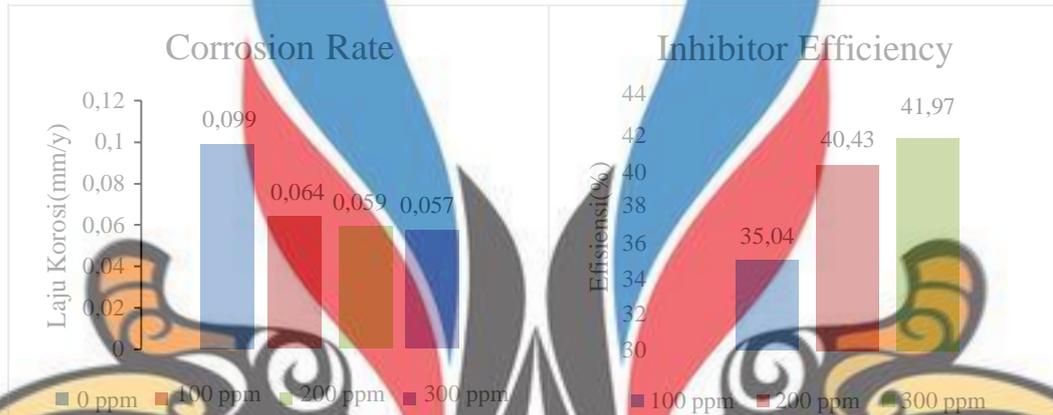
Dari data Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa semakin lama waktu perendaman, efisiensi inhibitor semakin menurun seiring waktu. Hal ini dikarenakan molekul inhibitor korosi teradsorpsi ke lapisan pelindung besi dan ditambah lagi lapisan pelindung tidak selamanya melindungi besi karena di lingkungan korosif seperti air laut, zat-zat agresif seperti klorida dapat menghancurkan lapisan pelindung inhibitor sehingga lapisannya perlu mengadsorpsi molekul inhibitor untuk membuat lapisan pelindung lagi. Semakin lama waktu perendaman maka molekul inhibitor korosi akan semakin berkurang atau sampai habis saat semua molekul inhibitor korosi teradsorpsi penuh (Emmanuel Iyeni, 2020).

Pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.5, data A1 dan B memiliki waktu perendaman yang sama, namun pada perendaman B yang menggunakan air bekas A7 memiliki laju korosi yang lebih tinggi dan efisiensi inhibitor yang lebih rendah. Menurut Ijeoma turunya efisiensi inhibitor pada air seiring waktu perendaman dikarenakan inhibitor korosi atau ekstrak daunnya bereaksi dengan komponen/zat lain pada solution air laut, yang menyebabkan berkurangnya molekul inhibitor pada air dikarenakan reaksi kimia yang terjadi dalam sistem. Sehingga bisa disimpulkan bahwa kemungkinan berkurangnya efisiensi inhibitor dikarenakan reaksi *desorpsi* dan dari paragraf sebelumnya dimana kandungan inhibitor berkurang karena perlahan-lahan lapisan besi mengadsorpsi inhibitor sampai inhibitor pada lingkungan habis.

Tabel 4.2 Hasil Test Interval

Planned Interval Test		
Metal Corrodibility	0 PPM	decreased
	100 PPM	decreased
	200 PPM	decreased
	300 PPM	decreased
Liquid corrosiveness	0 PPM	Increased
	100 PPM	Increased
	200 PPM	Increased
	300 PPM	decreased

Tabel 4.2 adalah hasil test interval sesuai dengan standar ASTM G1-37 rumusnya bisa dilihat pada Gambar 2.4, dari hasil test di atas dapat diketahui bahwa *metal corrodibility* menurun seiring waktu, seperti yang dijelaskan pada paragraf sebelumnya dimana terjadi *passivasi spesimen* besi dan *liquid corrosiveness* yang meningkat seiring waktu dikarenakan turunnya efisiensi inhibitor seiring waktu.



Gambar 4.8 Hasil Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor A7

Pada Gambar 4.8 adalah data rata-rata laju korosi dan efisiensi inhibitor pada pengujian imersi perendaman 7 hari (A7). A7 digunakan sebagai patokan pembandingan inhibitor daun Benalu Kapuk (*Dendrothoe pentandra*) dengan inhibitor dari penelitian jurnal lain dikarenakan tidak ada inhibitor universal atau standar efisiensi inhibitor untuk besi karbon SS41 pada lingkungan air laut. Menurut jurnal Orozco inhibitor dapat dikatakan bagus jika efisiensi inhibitorynya 90%, akan tetapi pada penelitian ini kandungannya hanya sampai 300 ppm dengan efisiensi inhibitor terbesar pada A1 200 ppm sebesar 46,91%.

Berikut adalah perbandingan efisiensi inhibitor menggunakan jurnal yang memiliki parameter sama seperti larutan (NaCl 3,5%), lama perendaman (7 hari) dan jenis besi yang sama (Baja SS41 atau A36). Akan tetapi besar konsentrasi akan dibandingkan dengan konsentrasi yang mendekati 300 ppm.

Tabel 4.3 Perbandingan Nilai Efisiensi Inhibitor dari Beragam Inhibitor untuk Baja SS41/A36, Elektrolit 3.5% NaCl, Perendaman & hari

Bahan Inhibitor	Jenis Inhibitor	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Efisiensi inhibitor (%)
Daun <i>Dendrothoe pentandra</i>	Organik	300 ppm	41,97%
Eceng Gondok ¹⁾	Organik	700 ppm	35,57%
Daun <i>Moringa oleifera</i> ²⁾	Organik	2000 ppm	43,06%
Bunga <i>Cassiasiamea Lamk</i> ⁵⁾	Organik	300 ppm	33,49%
Daun Henna +25ppm Zn ⁺²	Inorganik	200 ppm	41,00%
Daun Henna ³⁾	Organik	200 ppm	28,00%
<i>imino dimethyl phosphonic acid (IDPA)</i> ⁴⁾	Inorganik	200 ppm	55,00%
<i>1-butyl-3-methylimidazolium chloride</i> ⁶⁾	Inorganik	355 ppm	54,00%

¹⁾ Novi Laura Indrayan (2016); ²⁾ Nurhaeni (2018); ³⁾ V.Johnsirani (2012); ⁴⁾ Prabakaran (2014); ⁵⁾ H.M Husen(2020) ⁶⁾ S.Velrani (2014)

Jika dibandingkan dengan inhibitor organik lain dengan parameter sama dapat dilihat inhibitor daun benalu kapuk (*Dendrothoe pentandra*) efisiensinya di atas rata-rata, akan tetapi dibandingkan inhibitor kimia masih dibawah rata-rata. Dispekulasikan bahwa inhibitor daun benalu kapuk memiliki efisiensi di atas rata-rata karena saat prosedur preparasi ekstrak daun benalu kapuk (*Dendrothoe pentandra*) mengikuti prosedur K.L Chong dan Y.Y Lim (2012) yang fokus dalam memaksimalkan kandungan antioksidan dalam ekstrak tanaman.

4.3 Hasil Pengujian Polarisasi

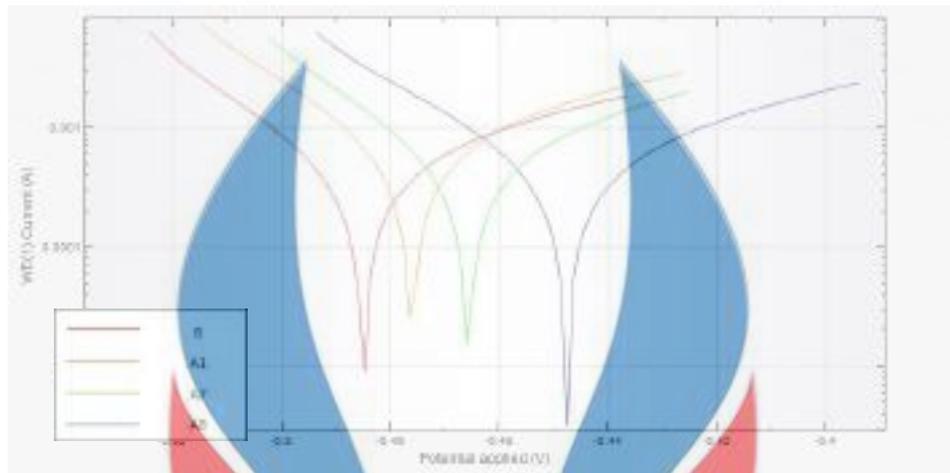
Dalam pengujian polarisasi ini menggunakan besi hasil pengujian *weight loss* dengan elektrolit 3.5% NaCl dan konsentrasi inhibitor sesuai konsentrasi yang dipakai pada spesimen sebelumnya. Pengujian ini mengikuti standar ASTM 102-89, dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Polarisasi Linear

Jenis Perendaman	Konsentrasi Inhibitor	E_{corr} (mV)	j_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	I_{corr} (μA)	CR(mm/y)
B	0 ppm	-486,4	40	519,7	0,46
	100 ppm	-519,79	30,73	402,68	0,35
	200 ppm	-486,42	18,7	311,26	0,21
	300 ppm	-494,42	14,13	255,86	0,16
A1	0 ppm	-476,94	53,02	928,93	0,61
	100 ppm	-474,42	39,3	711,33	0,45
	200 ppm	-474,82	18,23	329,97	0,21
	300 ppm	-474,04	17,05	303,73	0,19
A7	0 ppm	-466,56	35,23	606,05	0,4
	100 ppm	-460,84	30,72	528,43	0,35
	200 ppm	-469,83	23,45	403,46	0,27
	300 ppm	-484,49	20,12	334,86	0,23
A8	0 ppm	-448,09	34,49	624,36	0,4
	100 ppm	-430,06	22,37	384,76	0,25
	200 ppm	-438,64	22,46	406,58	0,26
	300 ppm	-417,43	17,87	323,58	0,2

Dari data tabel 4.4 dapat diperoleh nilai potensial korosi (E_{corr}), densitas arus korosi (J_{corr}), arus korosi (I_{corr}) dan laju korosi (CR) dari hasil pengujian polarisasi linear dengan pemplotan tafel ,pada tabel 4.4 tersebut kita dapat mengetahui bahwa arus korosi atau I_{corr} berkurang dengan seiring dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor, semakin kecil I_{corr} atau arus korosinya maka semakin lambat laju korosinya, sehingga bisa disimpulkan bahwa ekstrak daun benalu kapuk (*Dendrothoe pentandra*) bisa dipakai sebagai inhibitor korosi pada besi di lingkungan air laut.

Diketahui juga laju korosi terbesar pada pengujian polarisasi ini berasal dari perendaman A1 konsentrasi inhibitor 0 ppm dengan laju korosi 0,6161 mm/y, sementara untuk laju korosi yang paling terkecil berada pada perendaman B konsentrasi inhibitor 300 ppm dengan laju korosi 0,1642 mm/y.



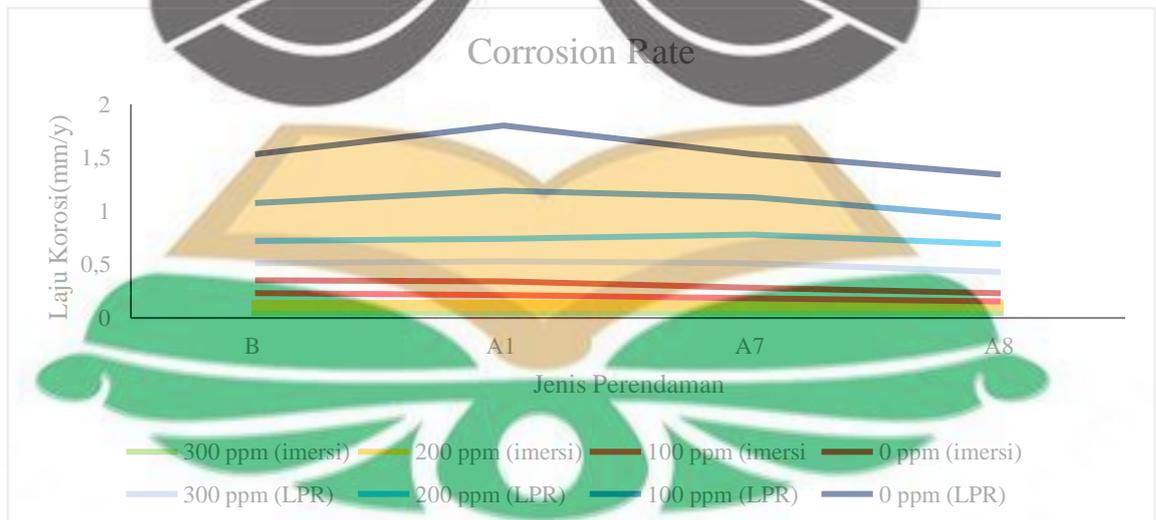
Gambar 4.9 Kurva Polarisasi Semua peungjian 0 ppm

Selain I_{corr} , E_{corr} juga berpengaruh terhadap konsentrasi inhibitor. Pada pengujian polarisasi A1 besar E_{corr} semakin positif seiring bertambahnya konsentrasi inhibitor yang menandakan bahwa inhibitor daun benalu adalah inhibitor anodik. Tetapi pada pengujian polarisasi B, A7 dan A8 konsentrasi inhibitor tidak mempengaruhi besar potensial E_{corr} dan besar potensialnya kelihatan tidak beraturan, maka bisa dibilang bahwa ekstrak daun benalu kapuk (*Dendrophloe pentandra*) adalah “mixed” inhibitor. Untuk memastikan apakah ekstrak daun benalu kapuk adalah *mixed* inhibitor, dilihat referensi jurnal lain seperti jurnal Sivaraju (2009) menunjukkan hasil yang sama sehingga bisa dibilang inhibitor dengan ekstrak daun benalu kapuk adalah *inhibitor mixed*.

E_{corr} pada hasil uji polarisasi menunjukkan bahwa semakin lama perendaman maka semakin positif besar potensial korosinya. Potensial korosi yang tinggi/positif adalah hal yang bagus dikarenakan semakin tinggi potensial korosi maka laju korosi dan arus korosi semakin turun, karena sistem besi akan lebih memilih untuk mengambil elektron dari pada melepas electron, sehingga reaksi reduksi berkurang. Menurut Fontana (1986), potensial semakin positif seiring waktu perendaman dikarenakan proses *passivasi*, yang dimaksud *passivasi* ini bukan lapisan pasif melainkan suatu metal kehilangan *chemical reactivity* dimana besi semakin inert seiring waktu atau terjadi perubahan pada lingkungan. Bisa dilihat pada Tabel 4.4 menunjukkan trend laju korosi yang menurun seiring besarnya E_{corr} .

Tabel 4.5 Perbandingan Laju Korosi Polarisasi Dengan Immersi

Perendam	Konsentras	Hasil Polarisasi (mm/y)	Hasil Immersi (mm/y)
B	0 ppm	0,46	0,12
	100 ppm	0,35	0,099
	200 ppm	0,21	0,068
	300 ppm	0,16	0,065
A1	0 ppm	0,61	0,112
	100 ppm	0,45	0,066
	200 ppm	0,21	0,059
	300 ppm	0,19	0,067
A7	0 ppm	0,4	0,099
	100 ppm	0,35	0,064
	200 ppm	0,27	0,059
	300 ppm	0,23	0,057
A8	0 ppm	0,4	0,078
	100 ppm	0,25	0,056
	200 ppm	0,26	0,05
	300 ppm	0,2	0,047



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Laju Korosi Polarisasi Dengan Immersi

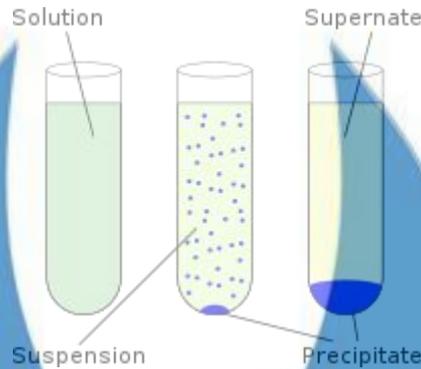
Pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.14 diketahui bahwa laju korosi polarisasi lebih tinggi dari laju korosi pengujian immersi. Menurut Hyung Suk Seo hal ini dikarenakan pengujian laju korosi pada uji *weight loss* adalah laju rata-rata selama

periode spesimen direndam dimana terjadi perubahan pada spesimen seperti lapisan pasif yang terbentuk, perubahan pada solutionnya, dan perubahan kondisi besi seperti kondisi besi menjadi *steady state*. Sementara pengukuran laju korosi pada uji polarisasi hanya menghasilkan laju korosi *temporary* atau menunjukkan laju korosi pada hanya pada waktu dites dan kondisi permukaan hanya pada saat dites tersebut. Permukaan spesimen sebelum di uji polarisasi sudah dibersihkan dari hasil produk uji perendaman. Hal ini mempengaruhi cepatnya laju korosi pada uji polarisasi dan biasanya besinya belum konidisi *steady state*.

Untuk penjelasan sederhana, Steven N Smith menyatakan Laju korosi dari uji polarisasi adalah *instantenous corrosion rate* atau laju korosi seketika. Sementara laju korosi uji immersi adalah rata-rata kumpulan laju korosi seketika dari awal perendaman sampai akhir perendaman. Sehingga dapat disebutkan pengukuran laju korosi *immerse* lebih akurat dari uji polarisasi. Akan tetapi uji polarisasi lebih cepat dan dipakai untuk memprediksi laju korosi atau menganalisa sifat specimen dan menurut Jurnal Josias van der Merwe, hasil LPR biasanya 50% sampai 385% lebih tinggi dari hasil immerse

4.4 Mekanisme Inhibisi

Dari subbab sebelumnya, diketahui bahwa ekstrak daun benalu (*Dendrothoe pentandra*) merupakan inhibitor korosi *mixed* yang merupakan gabungan antara inhibitor anodik dan inhibitor katodik, dimana inhibitor anodik membuat lapisan pasif / lapisan pelindung yang mengurangi reaksi anodik pada permukaan besi. Sementara inhibitor katodik membuat lapisan pelindung dengan *precipitation* / pengendapan zat reduksi seperti oksigen pada permukaan besi, dimana proses *precipitation* ini berkerja dengan cara menangkap suatu zat yang terlarut dalam solution (dalam kasus inhibitor ini yaitu zat oksigen) dan mereaksikannya / mengendapkan menjadi solid (Sharma dkk, 2019). Menurut Papavinasam (2011), bahwa 80% inhibitor organik adalah mixed inhibitor. *Mixed* inhibitor organik biasanya bereaksi dengan adsorpsi pada permukaan logam. Pembentukan ikatan antara substrat logam dan inhibitor organik (*chemisorption*) ikatan menghalangi proses katodik dan anodik lalu melindungi permukaan logam.



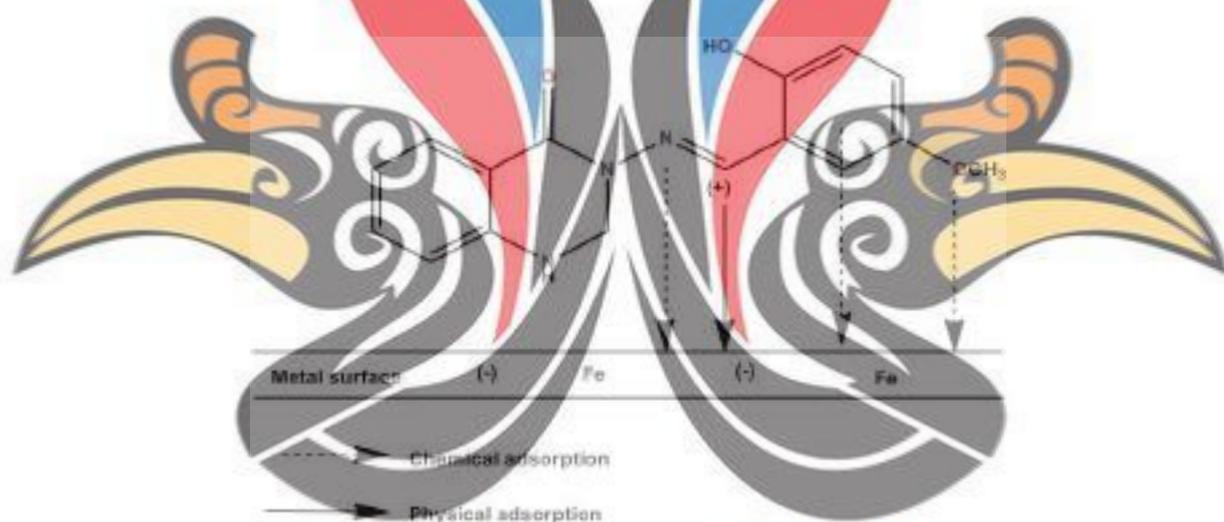
Gambar 4.11 Prinsip Precipitation (Papavinasam,2011)

Zat-zat pada ekstrak daun benalu yang paling penting untuk mempengaruhi inhibisi pada spesimen baja SS41 di lingkungan air laut adalah imidazole dan anti oksidan (flavoid, tanin, dan saponin). Menurut Putri Unari (2017) umumnya zat yang digunakan sebagai inhibitor korosi adalah senyawa heterosiklik, cincin aromatik dan memiliki heteroatom seperti sulfur atau nitrogen, dan menurut Miralrio Vázquez (2020) dibutuhkan senyawa dengan sifat *heterocyclic, Aromatic ring* dan π elektron agar bisa menjadi inhibitor korosi. Untuk senyawa imidazole sangat berpotensi menjadi inhibitor korosi yang efektif karena memiliki tiga sifat yang sesuai dengan jurnal Putri Unari dan Alan Miralrio, dan juga mempunyai sifat yang mudah untuk berikatan dengan permukaan, yaitu struktur elektron kerapatan elektron tinggi sehingga memungkinkan teradsorpsi dengan baik pada permukaan logam (atom N pada posisi 3 dengan pasangan elektron sp^2 bebas yang bisa didonor), senyawa heterosiklik, memiliki struktur molekul planar (ujung CH- CH pada posisi 4,5) dan cincin aromatik (Tety, 2012).

Untuk mekanisme inhibisi pada imidazole dengan cara permukaan besi mengadsorpsi zat inhibitor sehingga membuat ikatan koordinasi sebagai pelindung permukaan. Kekuatan ikatan ini tergantung dengan kemampuan molekul inhibitor (imidazole) untuk melepaskan/mendonor elektron bebas ke orbit elektron kosong seperti permukaan besi dan kekuatan ikatan bergantung juga terhadap struktur elektron molekul inhibitor. Proses adsorpsi ikatan ini bisa juga dibidang *chemisorptions*, dimana suatu reaksi adsorpsi antara suatu permukaan material dengan adsorban (imidazole) yang membuat ikatan baru (Munis dkk, 2020).

Menurut perhitungan quantum-kima Munis dkk (2020) elektron heteroatom (N) dan *delocalized π -electrons* dari cincin aromatic imidazole membuat koordinasi dengan orbit elektron kosong pada permukaan besi. Lebih sederhananya molekul imidazole melapisi permukaan besi dengan bantuan cincin imidazole dan lapisan ini melindungi permukaan besi dari zat aggressive seperti ion klorida dan elektron.

Menurut Chihi (2009) mekanismenya yaitu zat *Heterocyclic* yang mengandung atom N dan S seperti zat azol dan zat turunannya (zat turunan azol dan zat Heterocyclic pada kasus ini yaitu imidazole). Heteroatom seperti atom N dan S akan mendonasikan elektron bebasnya ke orbit elektron kosong pada permukaan logam sehingga terbentuk lapisan zat azol pada besi.



Gambar 4.12 Adsorpsi Chemisorption (Araceli Espino,2019)

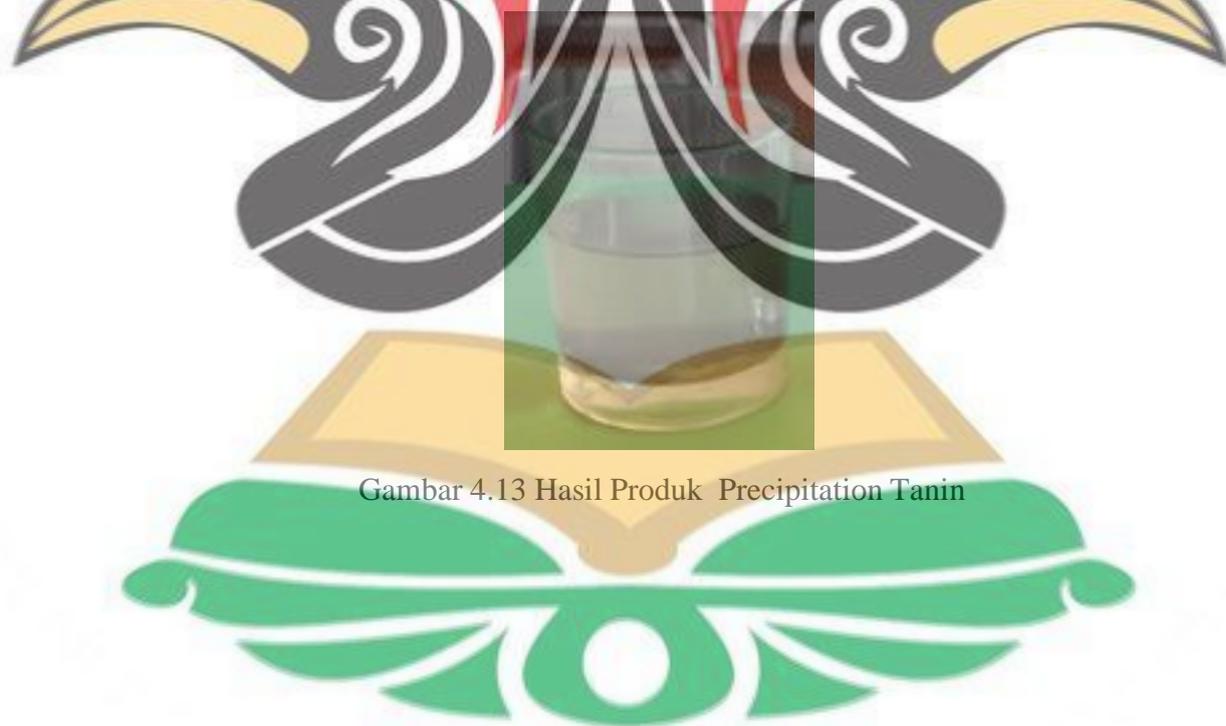
Selain Imidazole, kandungan antioksidan seperti flavonoid, saponin dan tannin bisa menjadi inhibitor korosi juga karena memiliki Heteroatom dan elektron- π (Oktaviana, 2020) mekanisme antioksidan mirip seperti imidazole. Secara kimia pengertian senyawa anti oksidan adalah senyawa pemberi elektron. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan

Pada flavonoid yang merupakan antioksidan yang paling sering ditemukan di tanaman dan termasuk kedalam golongan antioksidan primer yang mengakhiri reaksi radikal bebas dengan mendonorkan atom hidrogen atau elektron kepada radikal bebas dan mengubahnya menjadi produk yang lebih stabil (lapisan

pelindung). Selain itu bagian rantai hidrokarbon dari senyawa flavonoid akan menghindarkan permukaan logam untuk bersentuhan dengan elektrolit karena bersifat hidrofobik (Triana Yunita, 2015). Dapat dikatakan anti oksidan yang mengandung nitrogen (heteroatom N) mendonasikan elektronnya kepada besi yang kekurangan electron dan membuat lapisan perlindungan.



Akan tetapi untuk antioksidan tannin termasuk antioksidan sekunder, sehingga mekanisme inhibisinya berbeda dengan antioksidan primer, mekanisme inhibisinya yaitu senyawa tannin mengikat senyawa besi seperti Fe(II) sehingga secara tidak langsung mengurangi reaksi oksidasi pada besi (Oktaviana, 2020).



Gambar 4.13 Hasil Produk Precipitation Tanin