

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab II akan dijelaskan tentang Baja SS41, korosi, mekanisme korosi, inhibitor korosi, jenis-jenis inhibitor, *safe inhibitor* dan *unsafe inhibitor*, *Dendrophthoe pentandra*, Metode *Weight Loss*, Metode Polarisisasi, Metode *Linear Polarization Resistance / Tafel Plot*, Metode Analisa Ikatan, imidazole, dan beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian mengenai “Studi Efisiensi Inhibitor Organik Ekstrak Daun Benalu Kapuk (*Dendrophthoe pentandra*) pada Baja SS41 dengan elektrolit 3.5% NaCl”.

2.1. Baja SS41

Baja SS41 merupakan baja karbon rendah yang memiliki kekuatan yang cukup bagus dan sifat baja tersebut bisa diubah menggunakan mesin. Baja ini sering dibuat di Jepang dengan proses hot rolling, untuk penggunaannya Baja SS41 ini sering dipakai sebagai materil hull kapal, tanki, dan pipa. Nama Baja SS41 berasal dari standar JIS atau *Japanese Industrial Standards* dimana SS merupakan kepanjangan dari *structural steel* dan angka 41 artinya kekuatan *tensile* 41kgf/mm² atau lebih (JIS Committee, 2004).

Besi ASTM A36 dan SS400 adalah jenis besi yang sama. Bedanya ASTM A36 berasal dari standar *American Society for Testing* atau ASTM, sementara Baja SS400 (dulu bernama SS41) berasal dari standar *Japanese Industrial Standard* JIS G3101, besi A36/SS41 adalah salah satu karbon besi yang sering digunakan di dunia, besinya bisa dipakai untuk berbagai macam (Agrana, 2011)

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja JIS SS41 *)

| Komposisi | Max Kandungan (%) |
|-------------|-------------------|
| Mangan, Mn | 0.6 |
| Karbon, C | 0.12 – 0.22 |
| Sulfur, S | 0.05 |
| Phospor, P | 0.05 |
| Silicon, Si | 0.3 – 0.7 |

*) JIS G3101 SS41 2004 : Rolled steels for general structure

2.2. Korosi

Korosi adalah suatu masalah besar yang mencakup segala aspek kehidupan. Korosi berasal dari bahasa latin yaitu *corrodere* yang berarti perusakan logam. Karena korosi bersifat merusak, di dalam industri kimia korosi merupakan salah satu masalah yang paling sering dijumpai. Secara definisi korosi merupakan serangkaian proses degradasi masa atau mutu suatu material (biasanya logam) akibat interaksi alamiah atau buatan terhadap lingkungan.

Korosi tidak dapat dihindarkan, sebab kecenderungan ini memaksa suatu logam kembali menjadi mineralnya. Korosi tidak dapat dihindari hampir semua material apabila berinteraksi dengan lingkungannya secara perlahan tapi pasti akan mengalami degradasi bahan (Roberge, 2000)

Untuk menghitung laju korosi, menurut standar ASTM G1-37, dipakai rumus berikut :

$$\text{Corrosion Rate (mm/year)} : CR = \frac{K*W}{D*A*T} \quad (2.1)$$

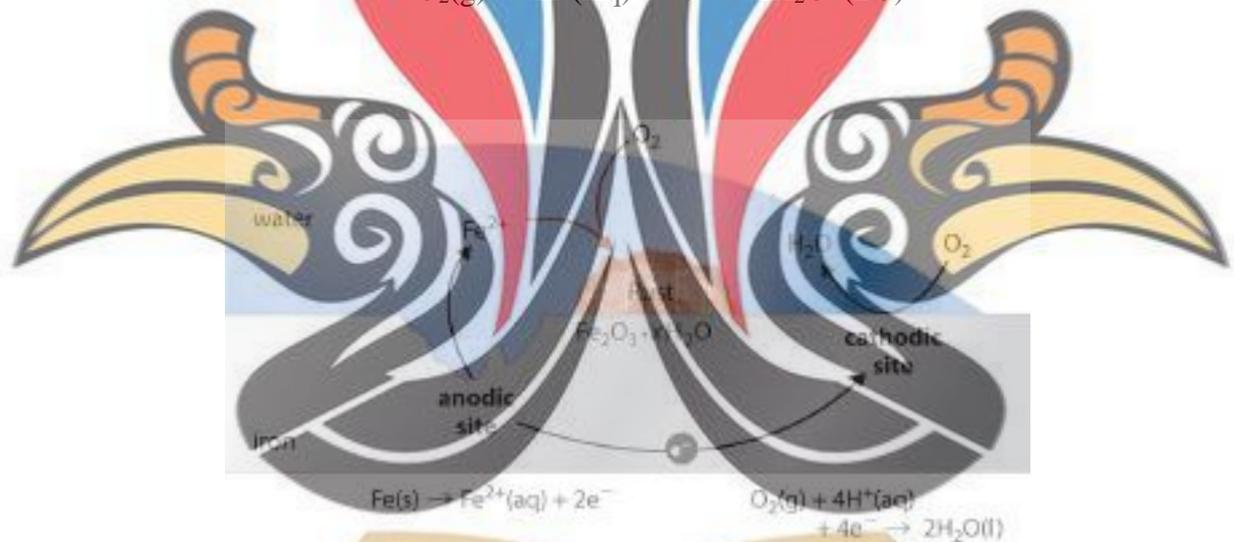
2.2.1 Mekanisme Korosi

Korosi bisa muncul karena reaksi dengan lingkungan, reaksinya ini adalah reaksi elektrokimia yang melibatkan besi dan suatu elektrolit yang bisa membuat sel elektrokimia yang bisa mentransfer elektron, besi tersebut kembali ke bentuk senyawa aslinya dengan bantuan energi listrik (elektron)

Reaksi elektrokimia korosi mempunyai 4 komponen utama, yaitu elektrolit, anoda, katoda dan konduktor. Elektrolit berperan sebagai pembawa

arus/elektron (seperti air atau tanah), anoda dimana terjadi reaksi korosi karena oksidasi, katoda sebagai reduksi, dan konduktor yang menghubungkan anoda dengan katoda, biasanya pada besi yang terekspose ke lingkungan yang ada elektrolit, maka akan terjadi korosi karena kehadiran ke-empat komponen ini.

Anodik adalah reaksi dimana reaksinya mengeluarkan electron bebas dari besi (rumus 2.2) dan reaksi anodik mengambil elektron bebas dari hasil oksidasi reaksi anodik, lalu mereaksikannya dengan oksigen / O² atau air H₂O (rumus 2.3)



Gambar 2.1 Proses Korosi (Dakeswar)

Dari hasil reaksi katodik dan anodik, terbentuklah karat pada besi dengan reaksi sebagai berikut :



Fe atau besi bereaksi dengan air (H₂O) dan udara membentuk ferro hidroksida [Fe(OH)₂] yang terjadi merupakan hasil sementara yang dapat teroksidasi secara alami oleh air dan udara menjadi ferri hidroksida [Fe(OH)₃], yang bisa dilihat pada reaksi selanjutnya



Ferri hidroksida yang terbentuk akan berubah menjadi Fe_2O_3 yang berwarna merah kecoklatan yang biasa kita sebut karat, dengan reaksi berikut



Gambar 2.2 Proses Terbentuknya Karat (Haryono dkk, 2010)

2.3 Inhibitor Korosi

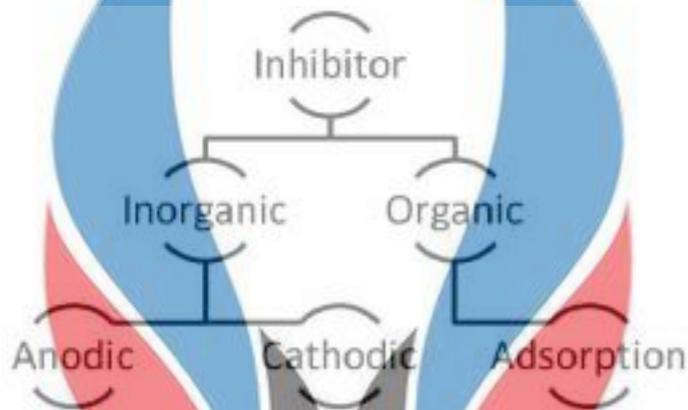
Berdasarkan definisinya, inhibitor korosi adalah suatu bahan kimia dimana jika ditambahkan dengan konsentrasi kecil kepada suatu lingkungan maka akan mengurangi kekorosifan / *corrosion rate* lingkungannya. Menurut Roberge (2020) Efisiensi suatu inhibitor korosi bisa dicari dengan rumus berikut :

$$\text{Inhibitor Efficiency}(\%) = 100 \cdot (\text{CR}_{\text{uninhibited}} - \text{CR}_{\text{inhibited}}) / (\text{CR}_{\text{uninhibited}}) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana $\text{CR}_{\text{uninhibited}}$ = Laju korosi pada lingkungan tanpa inhibitor
 $\text{CR}_{\text{inhibited}}$ = Laju korosi pada lingkungan dengan inhibitor

Untuk aplikasinya, inhibitor korosi digunakan / ditambahkan ke lingkungan berikut, yaitu air boiler, air pipa, coolant, minyak tanki dan lain-lain. Pada penelitian ini difokuskan ke air pipa dengan material pipa adalah baja SS41 (Pat Mcduff, 2005)

Inhibitor korosi diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yang bisa dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.3 Jenis-jenis Inhibitor (Camila G,2013)

1. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik sering juga disebut *passivation inhibitors* yang kegunaannya untuk mengurangi reaksi anodik pada lingkungan inhibitorynya, dengan membantu membuat lapisan pasif alami pada besi, yang muncul karena besinya menyerap inhibitor dan membuat lapisan *kohesif / insoluble* pada permukaan besi, konsentrasi inhibitor harus tinggi karena kalau tidak maka inhibitorynya tidak akan melapisi seluruh permukaan logam. Salah satu contoh inhibitor anodik adalah : nitrates, molybdates, sodium chromates, phosphates, hydroxides dan silicates.

2. Inhibitor Katodik.

Cara kerja inhibitor ini yaitu pada saat terjadi proses korosi pada besi, inhibitor katodik akan mencegah reaksi katodik pada besi. Inhibitor ini memiliki ion besi yang bisa membuat reaksi katodik dikarenakan alkalinitasnya, yang menyebabkan endapan yang mengendap di daerah katodik besi. Endapan ini mengurangi proses katodik / difusi pada area katodik tersebut, sehingga mengurangi korosi pada baja. Salah satu contoh inhibitor katodik adalah : ions magnesium, zinc, dan nickel.

3. Inhibitor Organik / *Adsorbtion*

Inhibitor ini bisa bertindak sebagai inhibitor anodik dan inhibitor katodik, berbeda dengan inhibitor anorganik, komponen yang dipakai adalah bahan organik, bahannya harus *soluable* dan bisa larut / tersebar ke lingkungan.

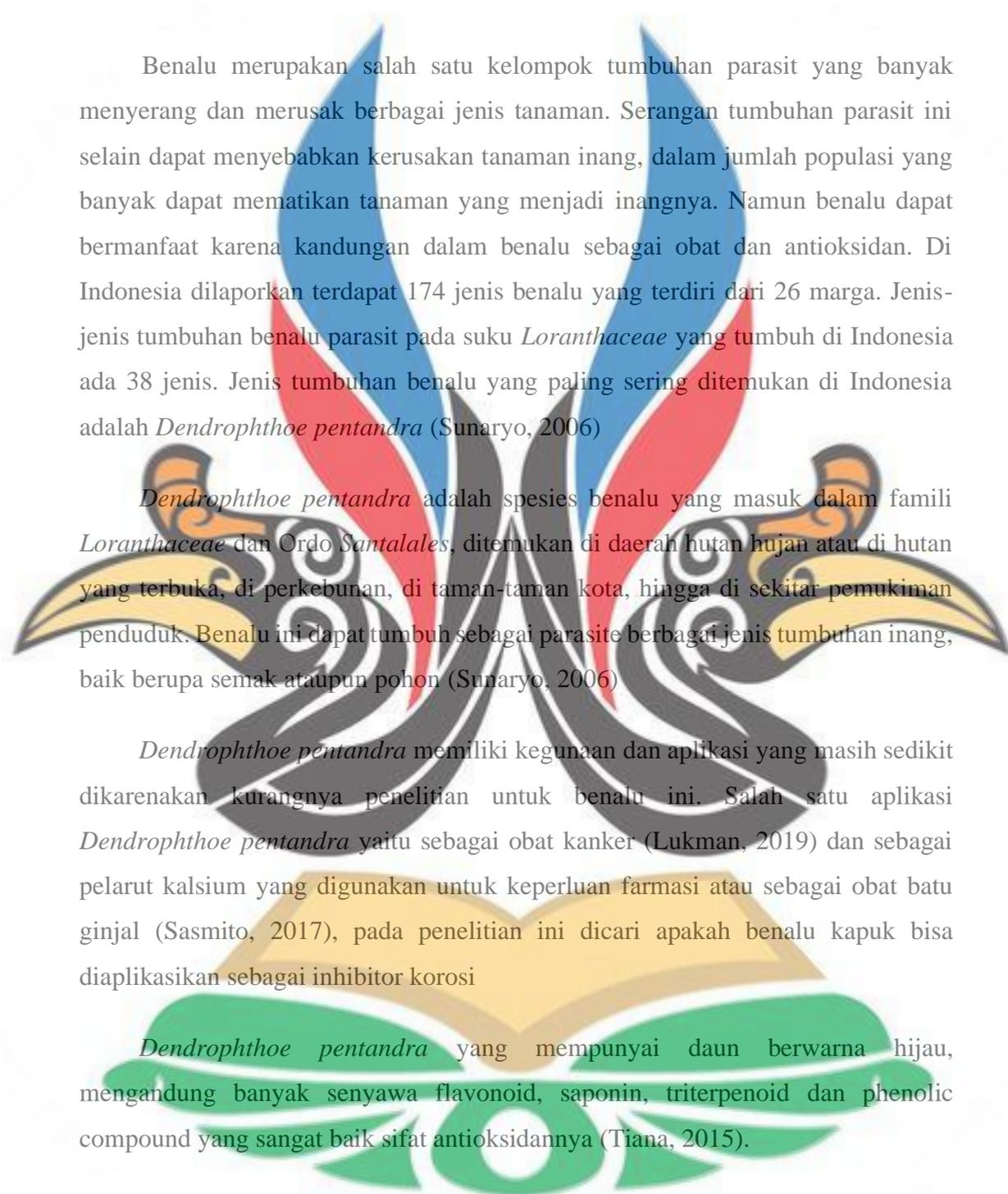
2.3.1 Safe Inhibitor and Unsafe Inhibitor

Dari subbab sebelumnya diketahui bahwa inhibitor adalah sebuah zat kimia dimana jika diberikan pada suatu *solution* / air maka akan menghambat reaksi korosi. Inhibitor dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan keamanan mereka, yaitu *safe inhibitor* dan *unsafe inhibitor*. *Safe inhibitor* adalah inhibitor yang akan selalu mengurangi reaksi korosi pada lingkungan dengan konsentrasi sebesar apapun, sementara *unsafe inhibitor* sama seperti *safe inhibitor* akan tetapi pada konsentrasi tertentu (biasanya pada konsentrasi kecil) akan meningkatkan reaksi korosi pada lingkungan daripada mengurangnya, sehingga mengurangi efisiensi inhibitor. Akan tetapi *unsafe inhibitor* organik lebih murah dan lebih sering ditemukan di berbagai tanaman dibandingkan *safe inhibitor* (Desai, 1971).

2.4 *Dendrophthoe pentandra*



Gambar 2.4 *Dendrophthoe pentandra* (Sunaryo, 2006)



Benalu merupakan salah satu kelompok tumbuhan parasit yang banyak menyerang dan merusak berbagai jenis tanaman. Serangan tumbuhan parasit ini selain dapat menyebabkan kerusakan tanaman inang, dalam jumlah populasi yang banyak dapat mematikan tanaman yang menjadi inangnya. Namun benalu dapat bermanfaat karena kandungan dalam benalu sebagai obat dan antioksidan. Di Indonesia dilaporkan terdapat 174 jenis benalu yang terdiri dari 26 marga. Jenis-jenis tumbuhan benalu parasit pada suku *Loranthaceae* yang tumbuh di Indonesia ada 38 jenis. Jenis tumbuhan benalu yang paling sering ditemukan di Indonesia adalah *Dendrophthoe pentandra* (Sunaryo, 2006)

Dendrophthoe pentandra adalah spesies benalu yang masuk dalam famili *Loranthaceae* dan Ordo *Santalales*, ditemukan di daerah hutan hujan atau di hutan yang terbuka, di perkebunan, di taman-taman kota, hingga di sekitar pemukiman penduduk. Benalu ini dapat tumbuh sebagai parasite berbagai jenis tumbuhan inang, baik berupa semak ataupun pohon (Sunaryo, 2006)

Dendrophthoe pentandra memiliki kegunaan dan aplikasi yang masih sedikit dikarenakan kurangnya penelitian untuk benalu ini. Salah satu aplikasi *Dendrophthoe pentandra* yaitu sebagai obat kanker (Lukman, 2019) dan sebagai pelarut kalsium yang digunakan untuk keperluan farmasi atau sebagai obat batu ginjal (Sasmito, 2017), pada penelitian ini dicari apakah benalu kapuk bisa diaplikasikan sebagai inhibitor korosi

Dendrophthoe pentandra yang mempunyai daun berwarna hijau, mengandung banyak senyawa flavonoid, saponin, triterpenoid dan phenolic compound yang sangat baik sifat antioksidannya (Tiana, 2015).

Tabel 2.2 Senyawa Pada Kandungan Ekstrak Daun Tanaman Benalu Kapuk (*Dendrophthoe pentandra*) dengan Larutan Etanol 70%

| Senyawa | Kandungan |
|--------------|-----------|
| Tanin | + |
| Flavonoid | + |
| Saponin | + |
| Triterpenoid | + |
| Alkaloid | - |

*) Tiana (2015)

Dari hasil penelitian Tiana (2015), daun Benalu Kapuk (*Dendrophthoe pentandra*) memiliki kandungan antioksidan seperti flavonoid dan saponin. Senyawa antioksidan ini sangat penting untuk inhibitor korosi karena pada di daerah anoda suatu besi akan kehilangan elektron saat proses oksidasi seperti reaksi berikut :



Reaksi anoda (oksidasi) dan katoda (reduksi) inilah yang menyebabkan korosi, akan tetapi antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan, sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut bisa dihambat. Zat antioksidan dan didefinisikan sebagai senyawa yang dapat menunda, memperlambat, dan mencegah proses oksidasi. Dengan kata lain, dengan adanya senyawa antioksidan pada lingkungan korosif, dapat menghambat laju terjadinya korosi (Pham Huy dkk, 2008).

Tabel 2.3 Perbandingan Nilai Aktivitas Antioksidan Ekstrak dari Beragam Bagian Tanaman Daun Tanaman Benalu Kapuk (*Dendrophthoe pentandra*)

| Bagian | IC ₅₀ (µg/ml) |
|--------|--------------------------|
| Batang | 9.57 |
| Daun | 13.58 |
| Bunga | 6.99 |

*) Alharits (2019)

2.5 Metode Weight Loss

Salah satu metode mencari *corrosion rate* atau laju korosi adalah Metode *Weight Loss*, metode ini adalah metode yang paling tua dan yang paling mudah dalam mencari, mengestimasi laju korosi dibandingkan dengan metode lain (Kokate, 2010).

Penggunaan Metode *Weight Loss* pada besi menggunakan sample berbentuk strip atau kupon kecil yang selanjutnya akan di *exposed* /dimasukan ke dalam sebuah lingkungan selama waktu tertentu, setelah itu sampel diambil dan diukur perbedaan berat setelah dan sebelum dimasukan ke lingkungannya tadi, laju korosinya bisa dihitung dengan rumus berikut (Kokate, 2010)

$$\text{Corrosion Rate (mm/year)} : CR = \frac{K*W}{D*A*T} \quad 2.62.6$$

Jika data laju korosi dan *weight loss* sudah didapatkan maka kita bisa mencari material *corrodibility* dan *environment aggressiveness*. Untuk menghitungnya menggunakan rumus berikut dari standar ASTM G31-72.

| Occurrences During Corrosion Test | | Criteria |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| Liquid corrosiveness | unchanged | $A_1 = B$ |
| | decreased | $B < A_1$ |
| | increased | $A_1 < B$ |
| Metal corrodibility | unchanged | $A_2 = B$ |
| | decreased | $A_2 < B$ |
| | increased | $B < A_2$ |

| Combinations of Situations | | |
|----------------------------|---------------------|-----------------|
| Liquid corrosiveness | Metal corrodibility | Criteria |
| 1. unchanged | unchanged | $A_1 = A_2 = B$ |
| 2. unchanged | decreased | $A_2 < A_1 = B$ |
| 3. unchanged | increased | $A_1 = B < A_2$ |
| 4. decreased | unchanged | $A_2 = B < A_1$ |
| 5. decreased | decreased | $A_2 < B < A_1$ |
| 6. decreased | increased | $A_1 > B < A_2$ |
| 7. increased | unchanged | $A_1 < A_2 = B$ |
| 8. increased | decreased | $A_1 < B > A_2$ |
| 9. increased | increased | $A_1 < B < A_2$ |

Gambar 2.5 Rumus Penentuan Corrodibility dan Liquid Corrosiveness (ASTM G1-37)

Digunakan perendaman A1, A7, A8 dan B seperti tabel 2.4 untuk mengetahui korosivitas besi dan elektrolitnya menggunakan rumus interval test gambar 2.5 sesuai standar ASTM G31-72

Perendaman B dengan elektrolit bekas A7 dibandingkan dengan A1 untuk mengetahui perubahan korosivitas elektrolit ,dikarenakan menggunakan perendaman sepsimen yang sama (1 hari) dengan umur elektrolit berbeda sehingga bisa dilihat perubahannya .sementara B dibandingkan dengan A2(weightloss dan laju korosi dari A7 ke A8) untuk mengetahui perubahan korosivitas material specimen karena memiliki umur elektrolit yang sama akan tetapi dengan umur perendaman yang berbeda

Tabel 2.4 Pengujian *Weight Loss* Tiap pengulangan

| | Waktu | Umur air perendaman | Keterangan |
|----------------|--------------|----------------------------|---|
| A ₁ | 1 hari | 1 hari | |
| A ₇ | 7 hari | 7 hari | |
| A ₈ | 8 hari | 8 hari | |
| B | 1 hari | 8 hari | |
| A ₂ | 8 hari | 8 hari | Weightloss antara A ₇ dan A ₈ |

2.6 Metode Polarisasi

Metode *Polarisasi Potensiodinamik* adalah suatu metoda elektrokimia yang dikembangkan berdasarkan pada tingkat polarisasi logam akibat berinteraksi dengan lingkungan korosif atau dengan molekul yang bersifat polar. Untuk menentukan tingkat polarisasi logam dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain dengan *Linear Polarization Resistance (LPR)* atau dengan *Tafel Extrapolation(Tafel plot)*.

2.7 Metode Linear Polarization Resistance / Tafel Plot

Metode pengujian dengan cara *Tafel Extrapolation (Tafel plot)* banyak diaplikasikan untuk mengukur laju korosi pada media uji secara cepat. Pada logam yang kontak dengan medium korosif mengakibatkan adanya reaksi reduksi dan oksidasi pada logam tersebut. Dalam logam akan terbentuk situs-situs mikrorel katodik maupun mikrorel anodik sehingga akan dihasilkan arus, baik dari katodik maupun anodik. Arus yang terjadi menghasilkan potensial yang disebut potensial korosi E_{corr} dimana potensial daerah anoda sama dengan potensial daerah katoda. Ada atau tidak adanya arus yang diberikan dari luar dapat mengakibatkan terbentuk potensial lebih antara potensial katoda dan potensial anoda, dari E_{corr} tersebut didapat densitas arus korosi (J_{corr}) dari perpotongan potensial katoda dan anoda, untuk J_{corr} rumusnya sebagai berikut :

$$j_{corr} = \frac{\beta_a \times \beta_c}{2.3(\beta_a + \beta_c)} \times \frac{1}{dn/di} \quad (2.7)$$

Dimana dn/di adalah dimensi *resistance*, β_a adalah Anodic Tafel slope dan β_c adalah cathodic Tafel slope, dari hasil J_{corr} tersebut bisa dicari laju korosinya. Besaran laju korosi (CR) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$CR \text{ (mm/tahun)} = k \frac{(j_{corr} - EW)}{\rho} \quad (2.8)$$

dimana k adalah konstanta, j_{corr} adalah kerapatan arus korosi, EW adalah berat ekuivalen, dan ρ adalah densitas (Govindasamy, 2015).

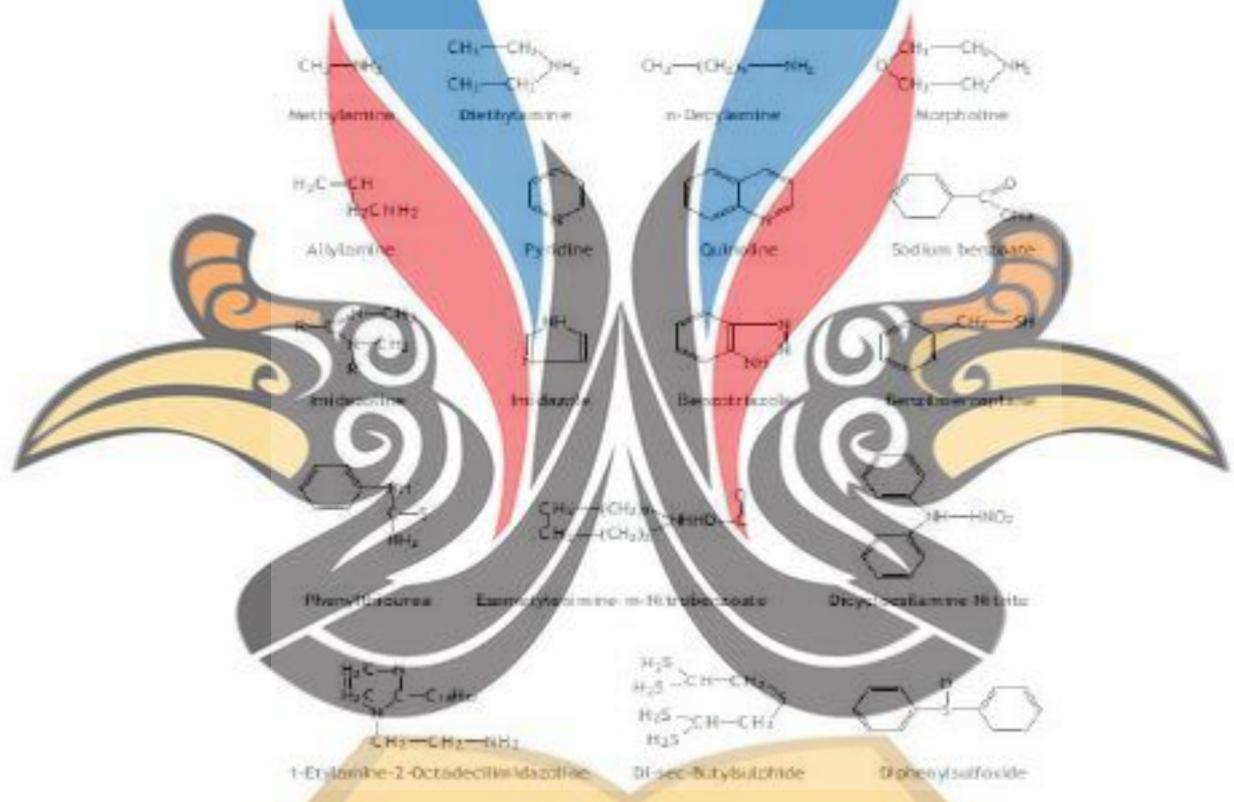
Menurut Ronald (1976) LPR ada dua jenis yang pertama menggunakan 2 elektroda (WE dan CE) dan jenis yang kedua menggunakan 3 elektroda (WE, RE dan CE). Pada penelitian ini menggunakan 3 elektroda, yang kegunaanya bisa dilihat sebagai berikut :

- *Working Electrode (WE)* adalah elektroda atau sampel yang ingin dianalisa laju korosinya.
- *Reference Electrode (RE)* adalah elektroda referensi, bahan yang sering dipakai untuk RE adalah Perak/Perak Klordia (Ag/AgCl).

- *Counter Electrode* (CE) adalah elektroda *auxiliary* yang tujuannya sebagai konduktor yang meng-complete sirkuit 3 elektroda LPR ini.

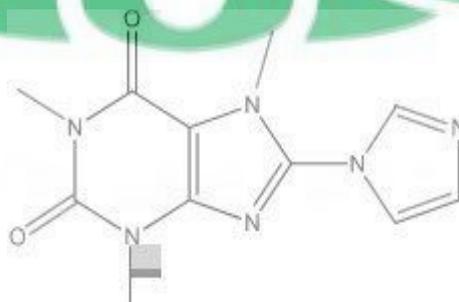
2.8 Metode Analisa Ikatan

Menurut buku / jurnal Pietro Pedefferri, senyawa-senyawa organik yang ditemukan pada semua inhibitor organik adalah sebagai berikut :



Gambar 2.6 Senyawa organik yang sering dipakai untuk inhibitor korosi (Pietro,2018)

Hasil skrining fitokimia ekstrak daun *Dendrophthoe pentandra* dari Jurnal “Methabolite Profiling *Dendrophthoe pentandra* menggunakan UPLC-MS dengan



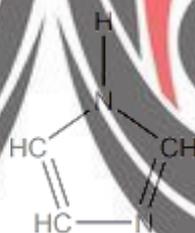
Analisis Data Multivariat PCA” dan Jurnal “Synthesis and cytotoxic activity of n Hexane Fraction of Lime Parasite (*Dendrophthoe pentandra*)” menunjukkan bahwa daun benalu *Dendrophthoe pentandra* memiliki senyawa Imidazole

Gambar 2.7 Senyawa Imidazole pada Benalu Kapuk (Atina, 2017)

Imidazole merupakan senyawa organik dengan rumus kimia $C_3H_4N_2$. Senyawa organik aromatik heterosiklik ini adalah “1,3 diazole” (Tety, 2012).

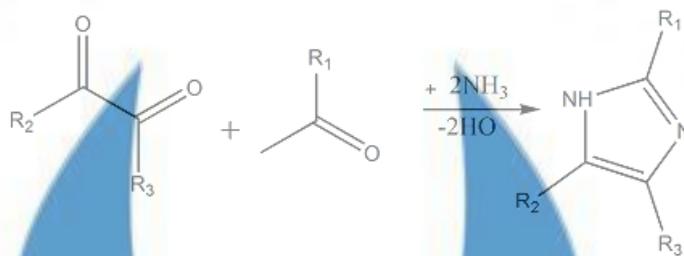
2.8.1. Imidazole

Imidazole merupakan senyawa organik dengan rumus kimia $C_3H_4N_2$. Senyawa organik aromatik heterosiklik ini adalah “1,3 diazole” dan diklasifikasikan sebagai alkaloid (Chawla dkk, 2012).



Gambar 2.8 Struktur Imidazole (Chawla dkk, 2012).

Imidazole pertama kali disintesis oleh Henrich Debus pada Tahun 1858, namun berbagai turunan imidazole telah ditemukan sejak tahun 1840-an, seperti yang ditunjukkan di bawah ini, yang digunakan glioksal dan formaldehid dalam ammonia untuk membentuk imidazole. Sintesis ini menghasilkan hasil yang relatif rendah karena adanya produk samping oksazol dan hasil kondensasi aldol (Robson dkk, 2001).



Gambar 2.9 Reaksi Umum Imidazole (Robson dkk, 2001).

Untuk Mencari ikatan / kandungan imidazole pada ekstrak daun bisa dilakukan analisa kualitatif, untuk senyawa imidazole analisa kualitatifnya dengan reaksi asam sulfanilat terdiazotasi. Cara kerjanya pertama-tama senyawa yang ingin dicari gugus imidazolanya dilarutkan di dalam NaOH_3N sebanyak 1 ml lalu ditambahkan larutan asam sulfanilat (0.5 gram asam sulfanilat dilarutkan di dalam 70 ml air lalu direaksikan dengan HCl_6N_6 ml tambahkan air hingga 100 ml) dan NaOH 10% sama banyak maka akan terbentuk warna merah hidup jika ada kandungan imidazole pada senyawa (Metri, 2020).



Gambar 2.10 Senyawa Imidazole Uji Kualitatif (Rubashkyn, 2007)

Berdasarkan uji kualitatif di paragraf sebelumnya, didapatkan senyawa imidazole berwarna hidup (merah-jingga) dikarenakan imidazole merupakan “senyawa azo” atau *Azo Compound*, sebagai akibat dari delokalisasi- π , senyawa aril azo memiliki warna yang hidup, terutama warna merah (Klaus, 2005).

2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 2.5 Penelitian terdahulu

| No | Nama dan Tahun Publikasi | Metode | Hasil |
|----|-------------------------------|--------|---|
| 1 | Ebrahim Akbarzadeh, 2011 | Metode | Menggunakan metode <i>Weight loss</i> dengan ekstrak <i>Oil Palm Empty Fruit Bunch</i> pada baja ss41 di lingkungan 3,5% NaCl |
| | | Hasil | 89 % untuk <i>kraft</i> and 87% untuk <i>lignin</i> |
| 2 | Egwuasi Chidinma Sophia, 2016 | Metode | Menggunakan metode <i>weight loss</i> dengan 18enalu " <i>Viscum album</i> " Diekstrak dengan 95% etanol |
| | | Hasil | Efisiensi Inhibitor 86,1% pada lingkungan air laut (3,5% NaCL) |
| 3 | Novi Laura Indriyani, 2016 | Metode | Menggunakan metode <i>weight loss</i> dengan tanaman <i>eceng gondok</i> diekstrak dengan 70% etanol pada baja ss41 |
| | | Hasil | Diperoleh laju korosi 0.0020 MPY pada lingkungan air Laut (PH 8,0) |
| 4 | Nurhaeni, 2020 | Metode | Menggunakan metode <i>weight loss</i> dengan ekstrak daun <i>Moringa oleifera L</i> pada baja ss41 |
| | | Hasil | Efisiensi Inhibitor 43,06% dengan pada lingkungan air laut.(3,5%) |
| 5 | Dyah Ayu Ardiani, 2020 | Metode | Menggunakan metode <i>Polarisasi</i> dengan Oli <i>Palm Kernel</i> pada baja SS 41 |
| | | Hasil | Efisiensi Inhibitor 80.06% dengan pada lingkungan air laut(3,5% NaCl) |
| 6 | Sunday Adzor, 2020 | Metode | Menggunakan metode <i>Weight loss</i> dengan ekstrak <i>occidentalis</i> pada baja SS41 |
| | | Hasil | Efisiensi Inhibitor 83,21% |