

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kulit Jeruk Manis (*Citrus sinensis* L.)

Jeruk manis (*Citrus sinensis* L.) termasuk dalam *family rutaceae*, salah satu jenis citrus. Tanaman ini merupakan tanaman yang dapat tumbuh baik di daerah tropis dan subtropis. Jeruk manis dapat beradaptasi dengan baik didaerah tropis pada ketinggian 900-1200 meter di atas permukaan laut dan udara senantiasa lembab, serta mempunyai persyaratan air tertentu. Tanaman jeruk manis secara taksonomi memiliki klasifikasi ilmiah sebagai berikut (Milind dan Dev, 2012):

Kingdom : *Plantae*
Filum : *Tracheophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Orde : *Sapindales*
Family : *Rutaceae*
Genus : *Citrus*
Spesies : *Citrus aurantium* L. var. *dulcis* (syn. *Citrus sinensis*)
(Milind dan Dev, 2012)



Gambar 2.1 Jeruk Manis (*Citrus sinensis* L.) (Milind dan Dev, 2012)

Kulit buah jeruk memiliki tebal sebesar 0,3-0,5 cm, dari tepi berwarna kuning atau orange dan makin ke dalam berwarna putih kekuningan sampai putih, berdaging dan kuat melekat pada dinding buah (Renita, 2015). Secara fisik, kulit jeruk dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu flavedo dan albedo. Flavedo dicirikan dengan adanya warna hijau, kuning atau orange. Pigmen-pigmen yang terdapat pada flavedo adalah kloroplas. Walaupun limbah kulit jeruk manis sering dibuang begitu saja, limbah ini memiliki banyak sekali manfaatnya salah satunya sebagai inhibitor (Abdulsada dkk., 2018).

Semakin meningkatnya konsumsi jeruk di Indonesia, Kulit buah jeruk biasanya hanya dibuang dan tidak dimanfaatkan, serta menjadi sampah yang tidak ada manfaatnya. Bahkan produksinya menempati posisi ketiga dari total produksi buah-buahan di Indonesia dan hasil limbah kulit jeruk sekitar 500.000 ton per tahun (Fitri dan Widyastuti., 2017).

Tabel 2.1 Kandungan Senyawa Kimia Ekstrak Kulit Jeruk Manis

No	No. <i>Peak</i>	Area (%)	Nama Senyawa
1	112	8,14	<i>12-Bromolauric acid</i>
2	98	4,30	<i>Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic</i>
3	97	3,19	<i>Isoxazolidine, 4-ethyl-2,5-dimethyl</i>
4	111	2,99	<i>2,5,10-Undecatrienoic acid, methyl</i>
5	13	2,74	<i>3-Bromo-5-bromomethyloxol-3-en-2-on</i>

(Purniawan, 2018)

Kulit jeruk mengandung minyak essensial, pigmen karotenoid, senyawa steroid, senyawa selulosa, hemiselulosa, lignin, pektat, dan fenolik yang memiliki kandungan zat antioksidan yang tinggi. Kandungan antioksidan inilah yang dapat membentuk lapisan tipis pada permukaan logam yang menjadi penghalang pelarutan logam kedalam larutan elektrolit dengan kata lain dapat menghambat korosi pada permukaan logam. Pada penelitian yang dilakukan oleh Purniawan (2018) senyawa yang dapat menjadikan kulit jeruk sebagai bioinhibitor adalah *12-Bromolauric acid* dan *Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic* serta salah satu kandungan senyawa yang paling besar dalam kulit jeruk manis adalah senyawa fenolik (Purniawan., 2018).

2.2 Korosi

Korosi atau pengkaratan merupakan kerusakan yang terjadi pada logam yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, seperti faktor dari material itu sendiri dan faktor reaksi kimia terhadap lingkungan yang mengakibatkan turunnya kualitas dari bahan logam tersebut. Korosi merupakan suatu proses elektrokimia yang memerlukan beberapa syarat, antara lain: adanya anoda, katoda, dan larutan elektrolit/media korosi. Anoda dan katoda berada pada daerah-daerah permukaan logam yang terkorosi. Anoda adalah daerah yang teroksidasi dengan melepaskan elektron dari atom logam netral yang kemudian menjadi ion logam yang membentuk produk korosi (bentuk teroksidasi) yang tidak dapat larut dalam media. Sedangkan daerah katoda adalah daerah yang tereduksi dengan menangkap elektron hasil dari oksidasi logam (Pratikno dkk., 2018).

Jenis korosi tergantung pada perbedaan komposisi kimia dalam elektrolit dan perbedaan komposisi dari logam. Secara umum, tipe korosi dibagi menjadi 4 yaitu:

a. Korosi Selektif atau Celah

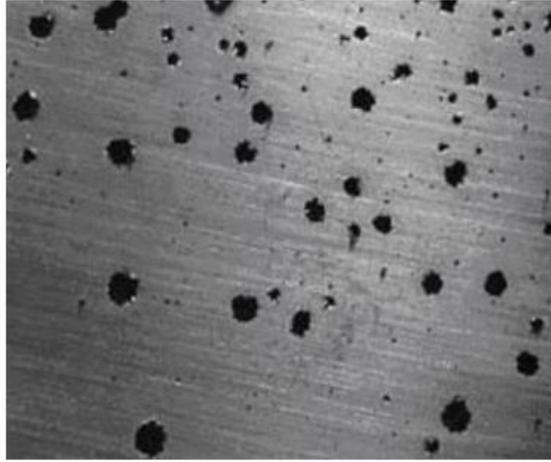
Korosi selektif adalah korosi yang terjadi karena lepasnya atau larutnya satu elemen yang bersifat anodik dari campuran logam (Jones, 1996).



Gambar 2.2 Korosi Celah (Karyono dkk., 2017)

b. Korosi Sumuran

Korosi Sumuran atau biasa disebut Pitting adalah korosi yang berbentuk lubang-lubang pada permukaan logam, yang disebabkan hancurnya lapisan film dari proteksi logam. Korosi ini terjadi karena dipicu oleh adanya perbedaan konsentrasi ion logam, oksigen, dan air (Jones, 1996).



Gambar 2.3 Korosi Sumuran (Rahmadtulloh, 2021)

c. Korosi Retak Tegang (SCC)

Korosi Retak Tegang adalah korosi yang diakibatkan oleh gabungan antara lingkungan yang korosif dan tegangan yang statis. Faktor yang mempengaruhi adalah suhu, komposisi logam atau larutan, struktur logam dan tegangan (Jones, 1996).



Gambar 2.4 Korosi Retak Tegang (Syafei dkk., 2017)

d. Korosi Merata

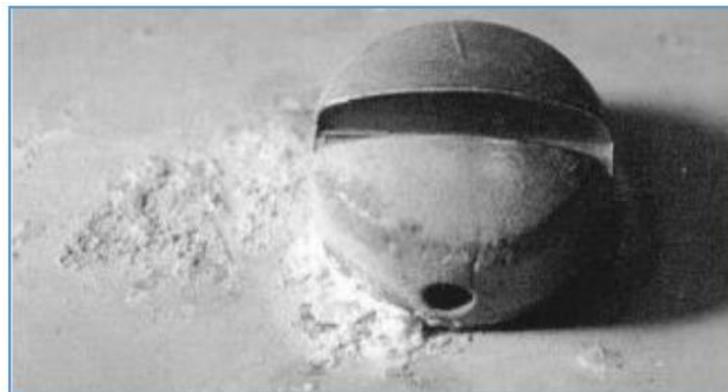
Korosi Merata adalah korosi yang disebabkan oleh atmosfer atau lingkungan yang korosif di seluruh permukaan logam. Dikatakan merata karena memiliki laju korosi yang sama di seluruh permukaan. Penanggulangan pada korosi ini jauh lebih mudah dibandingkan pada korosi jenis yang lain (Jones, 1996).



Gambar 2.5 Korosi Merata (Karyono dkk., 2017)

e. *Galvanic Corrosion*

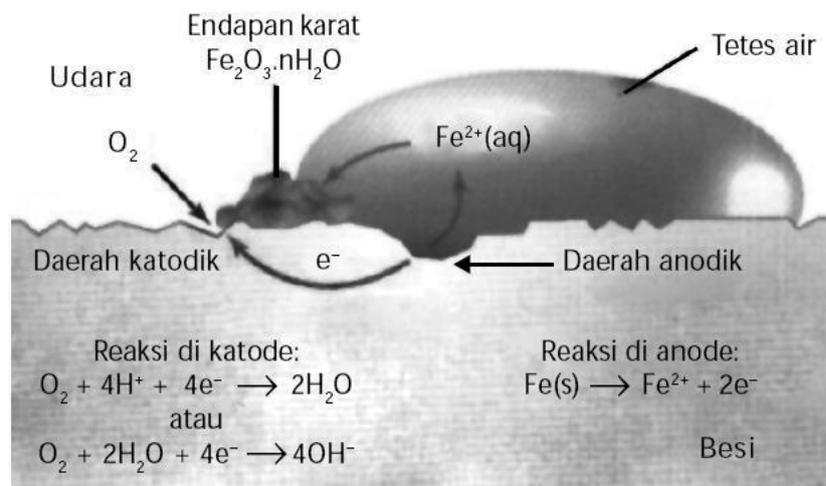
Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi pada dua logam yang berbeda jenis jika di hubungkan. Korosi ini juga terjadi kontak atau secara listrik kedua logam yang berbeda potensial tersebut akan menimbulkan aliran elektron/listrik diantara kedua logam. Sehingga salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sedangkan logam lainnya akan terlindungi dari serangan korosi. Logam yang lebih anodik akan terkorosi sementara logam lainnya yang lebih katodik akan terlindungi. Posisi logam pada deret volta akan menentukan apakah suatu logam lebih anodik atau katodik. Logam yang mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial lebih rendah dan logam yang tidak mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih tinggi (Putrandi, 2017).



Gambar 2.6 Korosi Galvanik (Karyono dkk., 2017)

2.3 Mekanisme Korosi

Secara umum mekanisme korosi yang terjadi di dalam suatu larutan berawal dari logam yang teroksidasi dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umum terjadi adalah pelepasan H_2 dan reduksi O_2 , akibat ion H^+ dan H_2O yang tereduksi. Reaksi ini terjadi di permukaan logam yang akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam ke dalam larutan secara berulang-ulang (Putrandi, 2017).



Gambar 2.7 Mekanisme Korosi (Putrandi, 2017)

Mekanisme terjadinya korosi membutuhkan beberapa komponen sebagai syarat terjadinya korosi, antar lain yaitu:

1. Anoda

Anoda adalah bagian permukaan yang mengalami reaksi oksidasi atau terkorosi. Pada anoda ini logam terlarut dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Reaksi korosi suatu logam M dinyatakan dalam persamaan berikut (Putrandi, 2017):



2. Katoda

Katoda adalah elektroda yang mengalami reaksi reduksi menggunakan elektron yang dilepaskan oleh anoda. Pada lingkungan air alam, proses yang sering terjadi adalah pelepasan H_2 dan reduksi O_2 (Putradi, 2017).

a. Pelepasan H_2 dalam larutan asam dan netral

Evolusi hidrogen / larutan asam:



Reduksi air / larutan netral / basa:



b. Reduksi oksigen terlarut dalam larutan asam dan netral :

Reduksi oksigen / asam:



Reduksi oksigen / netral atau basa



c. Reduksi ion logam yang lebih elektronegatif



3. Elektrolit

Untuk mendukung suatu reaksi reduksi dan oksidasi, serta melengkapi rangkaian elektrik, antara anoda dan katoda harus dilengkapi dengan elektrolit. Elektrolit menghantarkan arus listrik karena mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan *elektroequivalen force* sehingga reaksi dapat berlangsung. Semakin banyak kandungan ion-ion dalam elektrolit maka semakin cepat elektrolit menghantarkan arus listrik. Elektrolit ini sendiri terdapat pada lingkungan dari suatu rangkaian elektrik. Beberapa lingkungan yang dapat bersifat katoda adalah lingkungan air, atmosfer, gas, mineral *acid*, tanah, dan minyak (Putrandi, 2017).

4. Hubungan arus listrik

Antara anoda dan katoda haruslah terdapat suatu hubungan atau kontak seperti listrik agar elektron dapat mengalir dari anoda menuju katoda (Putrandi, 2017).

Reaksi Pembentukan Karat :



2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Korosi terjadi dipengaruhi oleh sifat dari kedua logam atau paduan dan lingkungannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi antara lain:

1. Temperatur

Temperatur mempunyai pengaruh yang sangat bervariasi terhadap korosi. Pada temperatur kamar laju korosi relatif rendah namun dapat meningkatkan kondensasi lapisan film pada permukaan yang berakibat meningkatkan terjadinya korosi. Dan peningkatan temperatur dapat menurunkan laju korosi dengan terjadinya proses pengeringan pada permukaan. Namun adanya kombinasi antara nilai kelembaban dan temperatur tinggi serta diikuti oleh adanya polutan, maka akan meningkatkan laju korosi. Pada lingkungan berair (aqueous), temperatur mempengaruhi laju

korosi, temperatur permukaan, *heat flux*, dan konsentrasi permukaan yang terkait serta gradien transfer kimia (ASM Handbook Volume 13B, 2005).

2. Faktor pH

Yang mempengaruhi proses korosi baja adalah potensial (volt) dan pH (tingkat keasaman). Semakin rendah pH ($\text{pH} < 4$) maka kemungkinan baja untuk terkorosi semakin besar karena terurai menjadi ion saat berada di lingkungan asam. Sedangkan pada daerah pH 4-10, laju korosi tidak tergantung dari pH, namun bergantung pada kecepatan difusi oksigen ke permukaan logam. Pada daerah asam ($\text{pH} < 4$) laju korosi meningkat dengan adanya konsentrasi ion hidrogen dan terjadi penurunan pH. Tetapi, mekanisme korosinya tidak hanya tergantung pada konsentrasi ion hidrogen, tetapi juga kehadiran ion-ion lain yang ada dalam larutan. Peningkatan laju korosi akan terjadi pada pH yang sangat rendah, laju korosi tidak tergantung pH pada range pH netral, laju korosi akan menurun dengan peningkatan pH, dan akhirnya laju korosi akan meningkat kembali pada pH yang sangat rendah. (ASM Handbook Volume 13B, 2005).

3. Gas terlarut

- a. Oksigen (O_2), Oksigen merupakan oksidator kuat sehingga akan meningkatkan potensial korosi logam di lingkungan air (fluida) yang mengandung oksigen terlarut. Laju korosi dapat meningkat dengan kenaikan kelarutan oksigen. Kelarutan oksigen sendiri dipengaruhi oleh suhu dari air atau pelarut. Semakin tinggi suhu air atau pelarut, maka makin rendah kelarutan oksigen. Hubungan antara kelarutan oksigen dengan suhu. Selain itu, pada air yang mengandung garam, kandungan oksigen terlarut juga dipengaruhi oleh kadar garam-garam yang terlarut. Pada air yang mengandung garam NaCl misalnya, kadar oksigen terlarut paling tinggi terdapat pada kadar NaCl 3,5%. Oleh karena itulah, air laut bersifat sangat korosif, dikarenakan kombinasi dari tingginya kadar oksigen terlarut dengan garam NaCl (Jones, 1992).
- b. Karbondioksida (CO_2), terlarutnya karbondioksida dalam air akan terbentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas (Jones, 1992).

2.5 Dampak Korosi

Korosi yang terjadi pada logam tidak dapat dihindari, tetapi hanya dapat dicegah dan dikendalikan sehingga struktur atau komponen mempunyai masa pakai yang lebih lama. Setiap komponen atau struktur mengalami tiga tahapan utama yaitu perancangan, pembuatan dan pemakaian. Ketidakberhasilan salah satu aspek seperti korosi menyebabkan komponen akan mengalami kegagalan. Kerugian yang akan dialami dengan adanya korosi meliputi finansial dan *safety*, diantaranya (Sidiq, 2013):

1. Penurunan kekuatan material
2. Penipisan
3. *Downtime* dari *equipment*
4. Retak dan Lubang
5. Kebocoran fluida
6. *Embrittlement*
7. Penurunan sifat permukaan material
8. Penurunan nilai atau hasil produksi
9. *Modification*

(Sidiq, 2013)

2.6 Cara Menghambat Korosi

Korosi logam tidak dapat dicegah, tetapi dapat dikendalikan seminimal mungkin. Berikut adalah metode umum untuk mengendalikan korosi, yaitu:

a. Metode Pelapisan (*Coating*)

Metode pelapisan adalah suatu upaya mengendalikan korosi dengan menerapkan suatu lapisan pada permukaan logam besi. Misalnya, dengan pengecatan atau penyepuhan logam. Penyepuhan besi biasanya menggunakan logam krom atau timah. Kedua logam ini dapat membentuk lapisan oksida yang tahan terhadap karat (pasivasi) sehingga besi terlindung dari korosi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan film permukaan dari oksida logam hasil oksidasi yang tahan terhadap korosi sehingga dapat mencegah korosi lebih lanjut (Putrandi, 2017).

Logam seng juga digunakan untuk melapisi besi (galvanisir), tetapi seng tidak membentuk lapisan oksida seperti pada krom atau timah, melainkan berkorban

demasi besi. Seng adalah logam yang lebih reaktif dari besi. Oleh karena itu, seng akan terkorosi terlebih dahulu daripada besi. Jika pelapis seng habis maka besi akan terkorosi bahkan lebih cepat dari keadaan normal (tanpa seng). Paduan logam juga merupakan metode untuk mengendalikan korosi. Baja *stainless steel* terdiri atas baja karbon yang mengandung sejumlah kecil krom dan nikel. Kedua logam tersebut membentuk lapisan oksida yang mengubah potensial reduksi baja menyerupai sifat logam mulia sehingga tidak terkorosi (Putrandi, 2017).

Jenis - jenis *coating* :

1. *Metallic coatings*
2. *Paint /organic coatings*
3. *Chemical conversion coatings*
4. *Miscellaneous coatings (enamel, thermoplastics)*

(Sidiq, 2013)

b. Proteksi Katodik

Proteksi katodik adalah jenis perlindungan korosi dengan menghubungkan logam yang mempunyai potensial lebih tinggi ke struktur logam sehingga tercipta suatu sel elektrokimia dengan logam berpotensi rendah bersifat katodik dan terproteksi (Sidiq, 2013). Proteksi katodik adalah metode yang sering diterapkan untuk mengendalikan korosi besi yang dipendam dalam tanah, seperti pipa ledeng, pipa Pertamina, dan tanki penyimpanan BBM. Logam reaktif seperti magnesium dihubungkan dengan pipa besi. Oleh karena logam Mg merupakan reduktor yang lebih reaktif dari besi, Mg akan teroksidasi terlebih dahulu. Jika semua logam Mg sudah menjadi oksida maka besi akan terkorosi (Putradi, 2017).

c. Proteksi Anodik

Proteksi Anodik (*Anodic Protection*) Adanya arus anodik akan meningkatkan laju ketidak-larutan logam dan menurunkan laju pembentukan hidrogen. Hal ini bisa terjadi untuk logam – logam “*active-passive*” seperti Ni, Fe, Cr, Ti dan paduannya. Jika arus yang lewat logam dikontrol seksama (dengan potentiostat) maka logam akan bersifat pasif dan pembentukan logam-logam tak larut akan berkurang (Sidiq, 2013).

d. Penambahan Inhibitor

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan penggunaan inhibitor korosi. Secara umum suatu inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Mekanisme penghambatannya terkadang lebih dari satu jenis (Sidiq, 2013).

Sejumlah inhibitor menghambat korosi melalui cara adsorpsi untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak nampak dengan ketebalan beberapa molekul saja, ada pula yang karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang nampak dan melindungi logam dari serangan yang mengkorosi logamnya dan menghasilkan produk yang membentuk lapisan pasif, dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif (Sidiq, 2013).

2.7 Inhibitor

Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa – senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fospat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa – senyawa amina. Namun demikian, pada kenyataannya bahwa bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya lumayan mahal, dan tidak ramah lingkungan (Putrandi, 2017).

2.7.1 Klasifikasi Inhibitor Berdasarkan Reaksi yang Dihambat

1. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik adalah senyawa kimia yang mengendalikan korosi dengan cara menghambat transfer ion - ion logam ke dalam air. Contoh inhibitor anodik yang banyak digunakan adalah senyawa kromat dan senyawa molibdat (Putrandi, 2017).

2. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik adalah senyawa kimia yang mengendalikan korosi dengan cara menghambat salah satu tahap dari proses katodik, misalnya penangkapan gas oksigen (*oxygen scavenger*) atau pengikatan ion-ion hidrogen. Contoh inhibitor katodik adalah hidrazin, tannin, dan garam sulfit (Putrandi, 2017).

3. Inhibitor Campuran

Inhibitor campuran mengendalikan korosi dengan cara menghambat proses di katodik dan anodik secara bersamaan. Pada umumnya inhibitor komersial berfungsi ganda, yaitu sebagai inhibitor katodik dan anodik. Contoh inhibitor jenis ini adalah senyawa silikat, molibdat, dan fosfat (Putrandi, 2017).

4. Inhibitor Teradsorpsi

Inhibitor teradsorpsi umumnya senyawa organik yang dapat mengisolasi permukaan logam dari lingkungan korosif dengan cara membentuk film tipis yang teradsorpsi pada permukaan logam. Contoh jenis inhibitor ini adalah merkaptobenzotiazol (Putrandi, 2017).

2.7.2 Klasifikasi Inhibitor Berdasarkan Bahannya

1. Organik

Inhibitor organik terbuat dari bahan organik yang berada di alam dan ramah lingkungan. Biasanya berupa ekstrak dari bahan organik yang diolah menjadi inhibitor. Salah satu syarat bahan alam dapat menjadi inhibitor korosi adalah jika mengandung unsur S, P, O, N. Inhibitor organik biasanya dirancang sebagai pembentuk lapisan atau film, melindungi logam dengan membentuk suatu lapisan atau film hidrofobik pada permukaan logam. Keefektifannya bergantung pada susunan kimia, struktur molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentukan lapisan atau film adalah suatu proses adsorpsi, suhu, dan tekanan merupakan faktor yang penting. Inhibitor organik menghambat korosi dengan cara teradsorpsi kimiawi pada permukaan logam, melalui ikatan logam heteroatom. Contohnya seperti gugus amine yang biasa dipakai di sistem *boiler* (Roberge, 2000).

Inhibitor organik akan diadsorpsi berdasarkan muatan ion inhibitor tersebut dan muatan pada permukaan logam. Inhibitor kationik, seperti amina-amina, atau inhibitor anionik, seperti sulfonat-sulfonat, akan diadsorpsi lebih dahulu

bergantung pada apakah logam bermuatan negatif atau positif. Kekuatan ikatan adsorpsi adalah faktor yang dominan untuk inhibitor organik yang larut dalam air. Umumnya berbentuk rantai panjang hidrogen dan nitrogen yang mengandung senyawa organik. Inhibitor organik bisa berupa anodik maupun katodik, dan menghambat korosi baik reaksi anodik maupun katodiknya. Efisiensi inhibisi senyawa-senyawa organik adalah berkaitan dengan sifat-sifat adsorpsinya. Untuk senyawa-senyawa organik, makin rendah potensial ionisasi, makin kuat adsorpsinya dan makin tinggi efisiensi inhibisinya (IE) (Putrandi, 2017).

2. Anorganik

Inhibitor anorganik adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya. Material dasar dari inhibitor anorganik antara lain kromat, nitrit, silikat, dan pospat. Inhibitor anorganik bersifat sebagai inhibitor anodik karena inhibitor ini memiliki gugus aktif, yaitu anion negatif yang berguna untuk mengurangi korosi. Inhibitor anorganik yang saat ini biasa digunakan adalah sodium nitrit, kromat, fosfat, dan garam. Senyawa-senyawa ini juga sangat berguna dalam aplikasi pelapisan antikorosi, tetapi mempunyai kelemahan utama yaitu bersifat toksik (Putrandi, 2017).

2.8 Bioinhibitor

Bioinhibitor atau yang biasa juga disebut inhibitor organik ataupun *green inhibitor* adalah inhibitor penghambat laju korosi yang terbuat dari ekstrak bahan alam. Penggunaan bioinhibitor menjadi salah satu pilihan alternatif, karena bersifat *biodegradable*, aman, biaya murah, ramah lingkungan, serta mudah didapat. Senyawa ekstrak bahan alam yang dijadikan inhibitor harus mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas yang mengandung makromolekul heterosiklik, yang ketika mencapai permukaan baja dengan difusi dan teradsorpsi pada antarmuka baja melalui interaksi molekuler sekunder dengan logam dan oksida logam, mereka dapat membentuk lapisan pelindung untuk menghilangkan molekul air dan menghambat masuknya spesies perusak yang dapat menyebabkan korosi (Abdulsada dkk., 2018).

Flavonoid, alkaloid, dan produk samping tanaman merupakan contoh inhibitor organik. Limbah buah, misalnya biji dan kulitnya, telah mendapat perhatian nyata

karena sifat antioksidan alaminya. Senyawa antioksidan inilah yang dapat berperan sebagai pendonor elektron bebas kepada permukaan baja yang dapat menghambat laju korosi. Misalnya, kulit mangga, jeruk, markisa, dan jambu mete diketahui mengandung banyak antioksidan seperti polifenol, karotenoid, dan vitamin C dan E. Menekankan pada senyawa fenolik, khususnya flavonoid, efisiensi aktivitas antioksidan tergantung pada strukturnya (Tamalmani dan Husin, 2020).

2.9 Cara Penggunaan Inhibitor

Inhibitor korosi adalah bahan kimia yang diinjeksikan ke dalam sistem dengan tujuan untuk melapisi permukaan dalam pipa dengan lapisan anti korosi sehingga pipa terhindar dari korosi (IPS Engineering Standard, 1997). Inhibitor korosi biasanya diinjeksikan pada pipa, inlet vessel atau tanki, dan peralatan *downhole*. Jenis bahan yang digunakan berbeda-beda untuk penggunaan yang berbeda. Bahkan untuk sistem dengan keterbatasan kecepatan aliran sebaiknya digunakan alat bantu inisiator, seperti sprayer atau stringer (Hassan, 2013).

Penggunaan inhibitor korosi ada dua cara, yaitu injeksi secara terus menerus pada sistem atau dengan melakukan *batching* atau *pigging* (IPS Engineering Standard, 1997). Injeksi secara *batch* pada saat *pigging* digunakan terutama untuk pipa gas dimana bahan kimia dalam jumlah besar dimasukkan ke dalam pipa dan didorong dengan menggunakan *pig* sehingga seluruh permukaan pipa terlapisi oleh inhibitor korosi. Injeksi terus menerus digunakan untuk menjaga agar permukaan yang terlapisi tadi tetap terjaga sehingga tidak memberikan tempat bagi terbentuknya korosi.

Inhibitor korosi menggunakan satu dari tiga cara dalam proses kerjanya (IPS Engineering Standard, 1997):

- 1) Terakumulasi sebagai lapisan pelindung yang tipis pada permukaan logam.
- 2) Membentuk endapan yang akan melapisi logam.
- 3) Mengubah karakteristik lingkungan dengan membuang unsur-unsur pokok yang agresif.

2.10 Baja Karbon

Baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kadar karbon kurang dari sama dengan 0,25% dan biasanya digunakan dalam aplikasi pipa saluran air. Untuk meningkatkan sifat-sifat mekanisnya diperlukan penambahan paduan lain. Baja terdiri dari beberapa fasa dan terdapat ketidakhomogenan pada permukaannya, sehingga menyebabkan sel elektrokimia lokal. Hal tersebut menyebabkan rendahnya ketahanan korosi pada baja karena reduksi katodik mudah untuk terjadi sehingga menyebabkan porous sebagai produk korosi dan tidak terbentuk produk sampungan seperti lapisan pasif (Roberge, 2000)

Produk korosi yang dihasilkan pada baja antara lain:



Penambahan elemen paduan pada baja karbon rendah seperti Cu, Ni, dan Cr, dapat meningkatkan ketahanan baja pada karbon rendah terhadap korosi. Sedangkan penambahan unsur seperti Si, Ti, S, Se, dan C akan menurunkan ketahanan terhadap korosi (ASM Handbook, 2005).

2.11 Ekstraksi Maserasi

Ekstraksi ialah suatu cara memisahkan komponen tertentu dari suatu bahan sehingga didapatkan zat yang terpisah secara kimiawi maupun fisik. Ekstraksi biasanya berkaitan dengan pemindahan zat terlarut di antara dua pelarut yang tidak saling bercampur (Nielsen, 2017).

Ekstraksi dengan pelarut dapat dilakukan dengan cara dingin dan cara panas. Cara dingin yaitu metode maserasi dan perkolasi, sedangkan cara panas antara lain dengan reflux, soxhlet, digesti, destilasi uap dan infuse. Minyak atsiri kulit jeruk dapat diproduksi dengan menggunakan metode maserasi (Ibrahim dan Marham, 2013).

Metode maserasi merupakan proses perendaman sampel dengan pelarut yang digunakan pada temperatur dan kelembaban ruang. Maserasi adalah teknik yang digunakan untuk menarik atau mengambil senyawa yang diinginkan dari suatu larutan atau padatan dengan teknik perendaman terhadap bahan yang akan

diekstraksi. Sampel yang telah dihaluskan direndam dalam suatu pelarut organik selama beberapa waktu (Ibrahim dan Marham, 2013).

Maserasi melibatkan perendaman tanaman bahan (kasar atau bubuk) dalam wadah tutup dengan pelarut yang dilakukan pada suhu kamar untuk jangka waktu minimum 3 hari dengan agitasi yang sering (Handa dkk., 2008). Setelah proses ekstraksi selesai, dilakukan penyaringan terhadap campuran pelarut dan bahan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ekstraksi maserasi adalah lama waktu ekstraksi, jenis dan konsentrasi pelarut (Handa dkk., 2008).

Lama waktu ekstraksi menjadi faktor yang dapat menentukan jumlah senyawa bioaktif yang dapat terekstrak dari bahan. Umumnya lama waktu ekstraksi yang semakin lama akan membuat kontak antara pelarut dengan bahan akan semakin besar sehingga proses menembus dinding sel untuk menarik senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan tersebut akan semakin tinggi pula. Semakin lama waktu ekstraksi maka proses pelarut melakukan penetrasi ke dalam bahan akan semakin tinggi sehingga senyawa bioaktif yang terekstrak akan semakin meningkat. Namun waktu yang berlebihan dalam maserasi terkadang tidak diperlukan karena pelarut dan sampel akan berada dalam kesetimbangan akhir setelah durasi tertentu. Ini berdasarkan pada hukum difusi kedua Fick, dimana hukum tersebut menyebutkan bahwa pada saat keseimbangan telah tercapai, maka tingkat ekstraksi senyawa akan berkurang kecepatannya (Marjoni, 2016).

Ekstraksi maserasi memiliki kelebihan yaitu prosesnya tanpa pemanasan, alat yang dipakai sederhana, dan biaya operasional relatif rendah sedangkan kelemahan dari metode ini adalah zat aktif yang terekstraksi hanya 50% saja karena terjadi kejenuhan cairan penyari sehingga kandungan kimia yang tersari terbatas. Selain itu, proses kerjanya juga membutuhkan cukup banyak waktu (Marjoni, 2016).

2.12 Pengukuran Laju Korosi

Pengukuran korosi dilakukan untuk mengetahui prediksi berapa lama dan kapan suatu struktur itu bisa bertahan terhadap terjangan korosi. Pengukuran dalam mengetahui prediksi tersebut disebut *corrosion monitoring*. Mengetahui laju korosi adalah salah satu aktivitas dari *corrosion monitoring*. Laju korosi merupakan

pengukuran korosi yang perlu dilakukan untuk mengetahui prediksi berapa lama dan kapan suatu konstruksi atau material dapat bertahan. Dengan mengetahui laju korosi suatu material logam, maka dapat diketahui kualitas dari material logam tersebut (Siregar dkk., 2021).

Logam yang memiliki ketahanan korosi yang rendah akan mengalami laju korosi yang tinggi begitu pun sebaliknya, logam yang memiliki ketahanan korosi yang tinggi akan mengalami laju korosi yang rendah. Kecepatan penurunan atau kecepatan rambatan kualitas bahan terhadap waktu disebut laju korosi. Umumnya, ada dua metode yang digunakan dalam menghitung laju korosi yakni Metode kinetika (kehilangan berat) dan Metode Elektrokimia (Siregar dkk., 2021).

2.13 Metode *Weight Loss* (Kehilangan Berat)

Salah satu metode pengukuran laju korosi dengan cara mengukur berat logam akibat korosi disebut metode kehilangan berat (*Weight Loss*). Prinsip *weight loss* adalah menghitung berapa banyak material yang hilang selepas pengujian dilakukan. Pengujian *Weight Loss* menggunakan standar (ASTM G31-72.1999). Metode ini dilakukan dengan cara menghitung berapa kekurangan berat akibat korosi yang terjadi dalam jangka waktu tertentu yang ditentukan. Metode kehilangan berat ini memanfaatkan jangka waktu sampai diperoleh jumlah kekurangan berat akibat korosi yang terjadi pada logam tersebut (Siregar dkk., 2021).

Perhitungan dilakukan dengan cara jumlah massa logam yang telah dibersihkan dari oksida dan jumlah massa tersebut dikategorikan sebagai massa awal, kemudian dihitung jumlah massa logam pada suatu lingkungan yang korosif seperti dilingkungan asam selama waktu tertentu (Siregar dkk., 2021). Untuk menghitung laju korosi dengan metode kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus dari Standar ASTM G31-72.1999. Nilai konstanta tergantung dari pada satuan yang dipergunakan. Adapun nilai konstanta yang dipergunakan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

$$CR \text{ (mpy)} = \frac{W \cdot K}{D \cdot A \cdot T}$$

(ASTM Internasional, 1999)

Keterangan :

CR = Laju korosi persatuan waktu (mpy)

W = Berat yang hilang (gram)

A = Luas permukaan logam (cm²)

T = Waktu perendaman (jam)

D = Densitas logam (gram/cm³)K = Konstanta laju korosi ($3,45 \times 10^6$)

Laju korosi tergantung dari kualitas suatu material. Semakin kecil laju korosi maka semakin lambat material tersebut terkorosi, begitu pun sebaliknya semakin cepat material tersebut terkorosi maka semakin besar laju korosi (Siregar dkk., 2021).

Kualitas dari ketahanan pada suatu material bisa dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Nilai Konstanta Berdasarkan Satuan Laju Korosi

Satuan Laju Korosi (<i>Corrosion Rate</i>)	Konstanta
<i>Mils per year</i> (mpy)	$3,45 \times 10^6$
<i>Inches per year</i> (ipy)	$3,45 \times 10^3$
<i>Milimeters per year</i> (mm/y)	$8,76 \times 10^4$
<i>Micrometers per year</i> ($\mu\text{m/y}$)	$8,76 \times 10^7$

(Siregar dkk., 2021)

Tabel 2.3 Relatif Ketahanan Korosi

<i>Relative corrosion resistance</i>	Mpy	mm/yr	$\mu\text{m/yr}$	nm/yr	pm/s
<i>Outstanding</i>	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
<i>Excellent</i>	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
<i>Good</i>	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	20 – 50
<i>Fair</i>	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	20 – 150	20 – 50
<i>Poor</i>	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
<i>unacceptable</i>	200+	5+	5000+	500+	200+

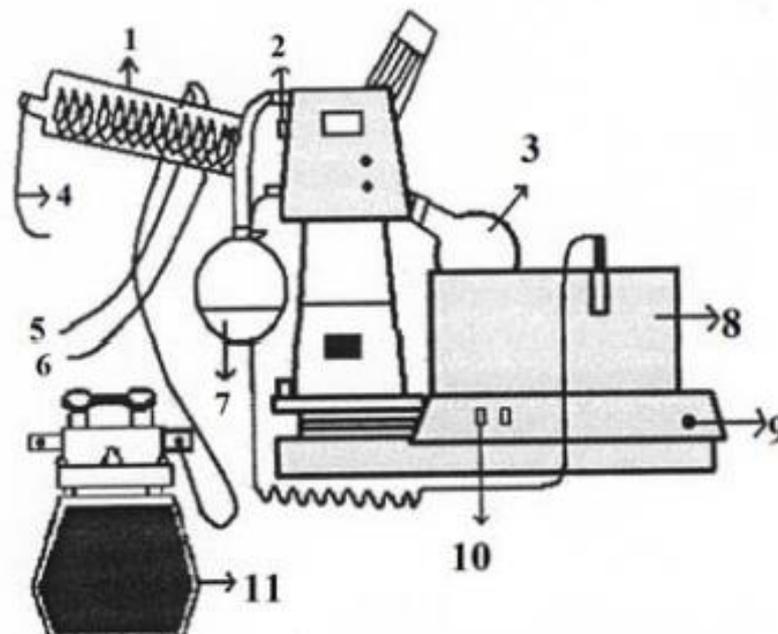
(Siregar dkk., 2021)

Metode kehilangan berat paling sering dipergunakan baik pada skala laboratorium maupun skala industri. Ini disebabkan metode ini menggunakan

peralatan sederhana dan hasilnya akurat. Akan tetapi metode kehilangan berat ini juga memiliki kekurangan yaitu tidak bisa mengecek secara cepat jika terjadi perubahan saat proses korosi, korosi yang terjadi secara lokal tidak bisa dilihat secara langsung tanpa adanya pemindahan spesimen dari lokasi pengujian. Perhitungan tidak bisa diprediksi secara langsung dari peralatan yang digunakan, dan bentuk korosi yang tidak bisa dideteksi secara langsung (Siregar dkk., 2021).

2.14 Rotary Evaporator

Rotary evaporator atau rotavapor adalah alat yang digunakan dalam laboratorium kimia, dan biokimia untuk menguapkan pelarut. Komponen utama dalam *rotary evaporator* adalah *vacuum system*, yang terdiri dari *vacuum pump* dan *controller*, labu evaporasi yang berputar dapat dipanaskan dalam pemanas *fluid bath* dan kondenser dengan labu penampung kondensat. Sistem dapat bekerja karena tekanan rendah, dan titik didih dari pelarut yang rendah, termasuk pelarut. Alat ini membuat pelarut dapat dipisahkan tanpa pemanasan berlebih. *Rotary evaporator* sangat efektif untuk memisahkan sebagian pelarut organik selama proses ekstraksi (Ariyani dkk., 2017).



Gambar 2.8 Alat *Rotary Evaporator* (Ariyani dkk., 2017)

Keterangan Gambar:

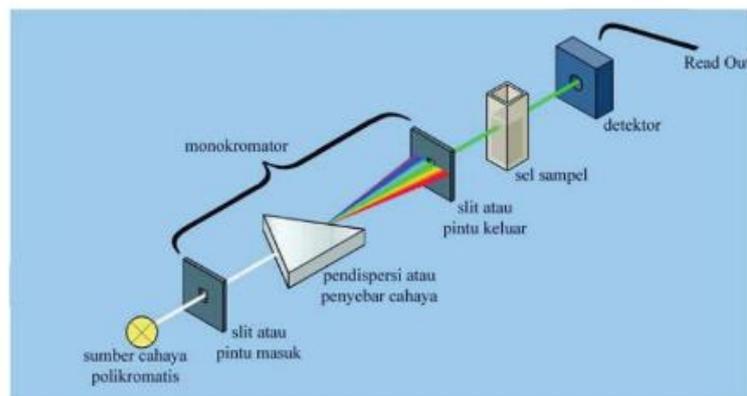
1. Condenser
2. Tombol pemutar
3. Labu evaporasi
4. *Controller*
5. Air masuk
6. Air keluar
7. Labu penampung kondensat
8. *Water bath*
9. Pengatur suhu
10. Tombol pemanas
11. *Vacuum pump*

(Ariyani dkk., 2017)

2.15 Spektrofotometer UV-Vis

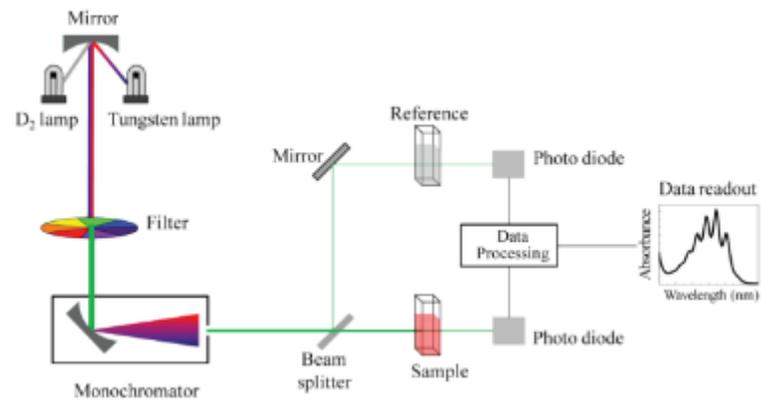
Spektrofotometer UV-Vis adalah suatu instrument yang digunakan untuk mengukur absorban suatu sampel pada panjang gelombang tertentu. Ultraviolet jauh memiliki rentang panjang gelombang $\pm 10 - 200$ nm, sedangkan ultraviolet dekat memiliki rentang panjang gelombang $\pm 200 - 400$ nm. Cahaya UV tidak bisa dilihat oleh manusia, namun beberapa hewan, termasuk burung, reptil dan serangga seperti lebah dapat melihat sinar pada panjang gelombang UV. Interaksi senyawa organik dengan sinar ultraviolet dan sinar tampak, dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul senyawa organik. Bagian dari molekul yang paling cepat bereaksi dengan sinar tersebut adalah elektron – elektron ikatan dan elektron – elektron nonikatan (elektron bebas). Sinar ultra lembayung dan sinar tampak merupakan energi yang bila mengenai elektron – electron tersebut, maka elektron akan tereksitasi dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi, eksitasi elektron – elektron ini, direkam dalam bentuk spektrum yang dinyatakan sebagai panjang gelombang dan absorbansi, sesuai dengan jenis elektron – elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis. Makin mudah elektron – elektron bereksitasi makin besar panjang gelombang yang diabsorpsi, makin banyak elektron yang bereksitasi makin tinggi absorban (Suhartati, 2017).

Tipe-tipe Spektrofotometer UV-Vis pada umumnya terdapat dua tipe instrumen spektrofotometer, yaitu *single-beam* dan *double-beam*. *Single-beam instrument* (Gambar 2.10), dapat digunakan untuk kuantitatif dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tunggal. *Single-beam instrument* mempunyai beberapa keuntungan yaitu sederhana, harganya murah, dan mengurangi biaya yang ada merupakan keuntungan yang nyata. Beberapa instrumen menghasilkan *single-beam instrument* untuk pengukuran sinar ultra violet dan sinar tampak. Panjang gelombang paling rendah adalah 190 sampai 210 nm dan paling tinggi adalah 800 sampai 1000 nm. *Double-beam* dibuat untuk digunakan pada panjang gelombang 190 sampai 750 nm. *Double-beam instrument* (Gambar 2.11) mempunyai dua sinar yang dibentuk oleh potongan cermin yang berbentuk V yang disebut pemecah sinar. Sinar pertama melewati larutan blanko dan sinar kedua secara serentak melewati sampel (Suhartati, 2017).



Gambar 2.9 Diagram Alat Spektrofotometer UV-Vis (*Single beam*) (Suhartati, 2017)

Sumber sinar polikromatis, untuk sinar UV adalah lampu deuterium, sedangkan sinar visibel atau sinar tampak adalah lampu *wolfram*. Monokromator pada spektrometer UV-Vis digunakan lensa prisma dan filter optik. Sel sampel berupa kuvet yang terbuat dari kuarsa atau gelas dengan lebar yang bervariasi. Detektor berupa detektor foto atau detektor panas atau detektor dioda foto, berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik (Suhartati, 2017).



Gambar 2.10 Skema Spektrofotometer UV-Vis (*Double beam*) (Suhartati, 2017)

Spektrofotometri UV-Visible dapat digunakan untuk penentuan terhadap sampel yang berupa larutan, gas, atau uap. Pada umumnya sampel harus diubah menjadi suatu larutan yang jernih. Untuk sampel yang berupa larutan perlu diperhatikan beberapa persyaratan pelarut yang dipakai antara lain:

1. Harus melarutkan sampel dengan sempurna.
2. Pelarut yang dipakai tidak mengandung ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya dan tidak berwarna (tidak boleh mengabsorpsi sinar yang dipakai oleh sampel).
3. Tidak terjadi interaksi dengan molekul senyawa yang dianalisis
4. Kemurniannya harus tinggi.

(Suhartati, 2017)