

Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana L*) Sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak (*Mild Steel*) Dalam Larutan H₂SO₄ 1 M

Marta Pramudita, Hendri Juliansyah, Muhammad Andre Rizki
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jendral Sudirman KM 3. Cilegon Banten
Telepon/Faks/E-mail: 0254-395502/marta.pramudita@ft-untirta.ac.id

ABSTRAK

Berdasarkan berbagai penelitian, kulit manggis memiliki potensi yang baik sebagai inhibitor korosi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi ekstrak inhibitor kulit manggis pada baja lunak dalam larutan asam sulfat. Pertama yang harus disiapkan adalah sampel baja yang telah dihaluskan dan bubuk kulit manggis. Kulit manggis yang sudah disiapkan di ekstrak dengan metoda maserasi menggunakan pelarut etanol selama 6 jam. Siapkan larutan media korosif H₂SO₄ 1 M dan sampel baja berukuran 1 x 2 x 0,5 cm. Setelah itu merendam baja dengan larutan asam dan larutan ekstrak kulit manggis untuk sampel awal. Analisa SEM dilakukan pada baja yang telah direndam. Kandungan tanin yang terbesar terdapat pada ekstrak kulit manggis dengan pelarut etanol adalah 1 : 10 dengan kadar 28,05 mg/100g. Nilai efisiensi inhibisi ekstrak kulit manggis pada media korosif larutan H₂SO₄ 1M sebesar 38,74% pada konsentrasi 300 ppm dengan waktu perendaman 9 jam.

Kata kunci : kulit manggis, inhibitor, korosi

ABSTRACT

Garcinia mangostana peel is a green corrosion inhibitor that can be used to reduce the corrosion reaction rate. The main constituent of this extract is tannin that it has able to inhibit the corrosion reaction rate in steel surface. The research aim is conducted to see the highest inhibition efficiency of garcinia mangostana peel extract by the weight loss method. This research begins by extracting garcinia mangostana pods by maceration followed by distillation and extract used the inhibitor with concentration 0,100,200,300,400 ppm with the test sample of corrosion is steel 1 x 2 x 0.5 cm, time of immersion are 3, 6, 9 hours and corrosive media is sulphuric acid 1M. The highest inhibition efficiency is 38.74% with etanol solvent at concentration of 300 ppm inhibitor and immersion time is 9 hours.

Keyword : Garcinia Mangostana peel, Inhibitor, corrosion

1. PENDAHULUAN

Inhibitor korosi merupakan substansi yang ditambahkan dalam konsentrasi kecil ke dalam media korosif dengan menurunkan atau mencegah reaksi logam dengan media. Inhibitor ditambahkan dalam berbagai sistem misalnya sistem pendingin, unit produksi minyak dan gas, bahan kimia, dll. Fungsi inhibitor dapat mereduksi laju korosi dengan cara peningkatan atau penurunan reaksi pada anodik dan katodik, penurunan laju difusi untuk reaktan pada permukaan logam dan penurunan resistensi elektrik pada permukaan logam. Ditinjau dari mekanisme pencegahan korosi, inhibitor dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu inhibitor anodik, inhibitor katodik, dan inhibitor organik. Inhibitor anodik yaitu inhibitor yang dapat memperlambat reaksi anodik. Inhibitor katodik adalah inhibitor yang dapat menghambat reaksi katodik dan inhibitor organik adalah molekul-molekul organik dengan rantai samping yang dapat teradsorpsi pada permukaan logam (Thretewey, 1991). Syarat-syarat inhibitor korosi yang baik harus murah, tidak beracun, aman bagi lingkungan, dan tersedia di alam. Manggis merupakan tanaman tropis yang hidup dan berkembang dengan baik di Indonesia. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, bahwa kulit manggis mengandung tannin yang cukup tinggi. Tannin merupakan senyawa organik yang bersifat khelat, memiliki kemampuan untuk membentuk senyawa kompleks dengan logam. Sehingga tannin yang terdapat dalam kulit manggis memiliki kemampuan untuk menghambat terjadi korosi pada permukaan logam. Berdasarkan penjelasan diatas, maka permasalahan yang timbul adalah apakah ekstrak kulit manggis cukup efisien digunakan sebagai inhibitor organik pada media larutan H_2SO_4 1 M dengan menentukan konsentrasi optimum melalui efisiensi inhibisi.

2. STUDI PUSTAKA

Manggis merupakan tumbuhan pepohonan, yang memiliki tinggi hingga 15 meter. Mempunyai batang berkayu, bulat, tegak bercabang simodial dan berwarna hijau kotor. Berdaun tunggal, lonjong, ujung runcing, pangkal tumpul tepi rata, pertulangan menyirip, panjang 20-25 cm lebar 6-9 cm, tebal, tangkai silindris hijau. Bunga tunggal, berkelamin dua, diketiak daun. Buah seringkali, bersalut lemak berdiameter 6-8 cm dengan warna coklat keunguan. Biji bulat berdiameter 2 cm, dalam satu buah terdapat 5-7 biji (Hutapea dalam Nurusyifah, 2010). Tanin merupakan komponen senyawa organik yang mengandung gugus polifenol yang terdapat dalam hampir semua jenis tanaman baik pada bagian kulit kayu, buah, daun, maupun akarnya. Monomer tanin adalah asam galat dan Dglukosa. Ekstrak tanin terdiri dari campuran senyawa polifenol yang sangat kompleks dan biasanya berikatan dengan karbohidrat rendah (Linggawati dalam Lestari, 2011).

Kulit buah manggis mengandung turunan xanton antara lain α -mangostin, β -mangostin, γ -mangostin, 3-isomangostin, mangostanol, gartanin, garsinon A, garsinon B, garsinon C, garsinon D, garsinon E (Ismail dalam Nurusyifah, 2010). Selain itu kulit buah manggis juga mengandung antosianin, flavonoid jenis epikatekin (Yu et al dalam Nurusyifah, 2010), tannin, monoterpen, saponin dan kuinon (Pradipta dalam Nurusyifah, 2010).

Umumnya tanin berasal dari senyawa-senyawa fenol alam yang terkandung dalam tanaman, makanan, dan minuman (Makkar dalam Lestari, 2011) dan larut dalam air atau pelarut yang polar. Sifat fisik dan kimia lainnya adalah mempunyai rasa sepat, sehingga ternak selalu menghindari dari tanaman yang mengandung tanin. Tanin juga bersifat sebagai anti bakteri dan astrigen atau menciutkan dinding usus yang rusak akibat asam atau bakteri (Harbone, 1987).

Menurut Browning (1966) sifat utama tanin tumbuh-tumbuhan tergantung pada gugusan phenolik -OH yang terkandung dalam tanin, dan sifat tersebut secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Sifat kimia tanin

- Tanin memiliki sifat umum, yaitu memiliki gugus phenol dan bersifat koloid. Karena itu di dalam air bersifat koloid dan asam lemah.
- Semua jenis tanin dapat larut dalam air. Kelarutannya besar dan akan bertambah besar apabila dilarutkan dalam air panas. Begitu juga tanin akan larut dalam pelarut organik seperti metanol, etanol, aseton dan pelarut organik lainnya

- Dengan garam besi memberikan reaksi warna. Reaksi ini digunakan untuk menguji klasifikasi tanin, karena tanin dengan garam besi memberikan warna hijau dan biru kehitaman.
- Tanin akan terurai menjadi pyrogallol, pyrocatechol dan phloroglucinol bila dipanaskan sampai suhu $98,89^{\circ}\text{C}$ - $101,67^{\circ}\text{C}$.
- Tanin dapat dihidrolisa oleh asam, basa dan enzim.
- Ikatan kimia yang terjadi antara tanin-protein atau polimer-polimer lainnya terdiri dari ikatan hidrogen, ikatan ionik dan ikatan kovalen.

b. Sifat fisik tanin

- Umumnya tanin mempunyai berat molekul tinggi dan cenderung mudah dioksidasi menjadi suatu polimer, sebagian besar tanin bentuknya amorf.
- Tanin berwarna putih kekuning-kuningan sampai coklat tergantung dari sumber tanin tersebut.
- Tanin berbentuk serbuk atau berlapis-lapis seperti kulit kerang, berbau khas dan mempunyai rasa sepat (astrigent).
- Warna tanin akan menjadi gelap apabila terkena cahaya langsung atau dibiarkan di udara terbuka.

Penelitian mengenai penggunaan senyawa tannin sebagai inhibitor reaksi korosi baja dalam larutan H_2SO_4 telah dilakukan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa senyawa tanin dapat menginhibisi reaksi korosi baja dalam larutan H_2SO_4 . Tanin di permukaan baja akan menghambat reaksi korosi baja dengan cara membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III). Senyawa kompleks ini akan menghalangi serangan ion korosif di permukaan baja. Adapun ion-ion korosif dalam larutan H_2SO_4 dapat dalam bentuk ion-ion klorida (Favre et.al, 1993). Tetapi penggunaan ekstrak bahan alam yang banyak mengandung senyawa tanin untuk menghambat laju reaksi korosi baja dalam larutan H_2SO_4 belum pernah dilaporkan sebelumnya. Salah satu bahan alam yang banyak mengandung senyawa tanin adalah kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L). Telah dilaporkan bahwa kulit buah manggis banyak mengandung senyawa – senyawa organik seperti tanin, katechin, pektin, rosin, dan zat pewarna, sehingga sering dimanfaatkan untuk bahan pembuat cat anti karat (Kasim, 1995).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Persiapan Ekstrak Kulit Manggis (Inhibitor) ; Kulit manggis yang digunakan adalah kulit manggis yang sudah tua dan yang muda. Setelah diambil kulitnya, dikeringkan dan dihancurkan. Kemudian kulit manggis yang telah menjadi serbuk dilakukan maserasi dengan temperatur 60°C , merendam kulit manggis dengan pelarut etanol teknis selama 3 jam. Setelah itu didapat ekstrak kulit manggis.

Persiapan Sampel ; Sampel baja dengan ukuran 1 x 2 cm dengan ketebalan 0.5 cm dihaluskan permukaannya dengan ampelas besi. Permukaan sampel yang telah halus dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam suhu ruangan.

Persiapan Larutan Media Korosif ; Larutan induk media korosif dibuat dengan mengencerkan larutan H_2SO_4 98% dengan aquades untuk membuat larutan 1000 ml H_2SO_4 dengan konsentrasi 1 M.

Proses Inhibisi ; Sampel baja yang telah disiapkan direndam dengan campuran larutan media korosif dan larutan inhibitor. Variasi konsentrasi larutan inhibitor adalah 0, 100, 200, 300, 400 ppm. Variasi waktu perendaman adalah 3, 6, 9,12 jam. Setelah itu ditentukan massa akhir sampel dan ditentukan laju reaksinya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Ekstraksi Kulit Manggis

Berdasarkan hasil analisa kandungan tanin pada kulit manggis didapatkan data sebagai berikut.

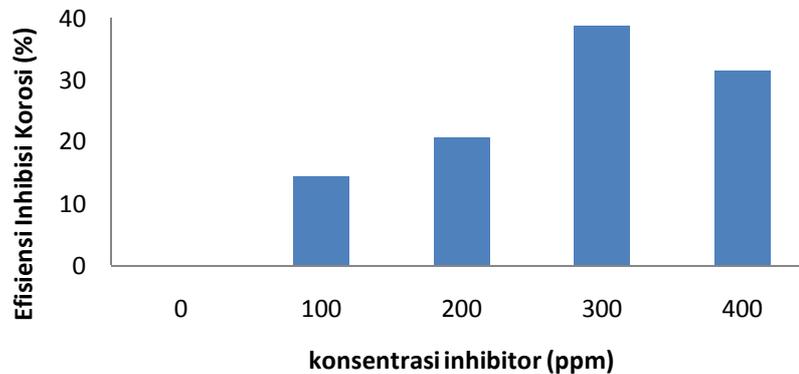
Tabel 1 Hasil analisa kandungan tanin pada ekstrak kulit manggis

NO	Sampel	Massa : Pelarut	Bobot Sampel (gr)	Vol (ml)	Kons std (ppm)	Kadar (ppm)	Kadar (mg/100 g)	
1	Ekstrak Kulit manggis Tua	1:10	2.2801	100	50	209.31	20.46	
			2.4609			199.9		
2	Ekstrak Kulit manggis Muda	1:10	2.1084			285.55	275.44	28.05
			2.2391					

Secara menyeluruh senyawa tanin menurun selama proses pematangan dan pendewasaan. Secara umum tanin mencapai kandungan tertinggi pada waktu masih muda dan menurun setelah tua (Winarno dan Aman, 1981). Untuk mendapatkan kadar tanin yang optimum, pada penelitian ini menggunakan dua sampel yaitu kulit manggis muda dan tua. Ekstrak kulit manggis pada penelitian ini menggunakan metode maserasi dengan temperatur 60 °C selama 3 jam. Dapat dilihat pada Tabel 1, kandungan tanin pada ekstrak kulit manggis tua dan muda yang paling banyak adalah ekstrak kulit manggis muda dengan perbandingan massa dan pelarut 1:10 dengan nilai 28,05 mg/100 gram. Kadar tanin pada sampel ekstrak kulit manggis muda ini lebih banyak dikarenakan kadar tanin yang tinggi terdapat pada kulit yang memiliki usia yang masih muda sesuai dengan teori yang dikemukakan Winarno.

4.2 Pengaruh Konsentrasi Terhadap Efisiensi Inhibitor

Perbedaan dari konsentrasi inhibitor yang diberikan memberikan pengaruh pada nilai efisiensi inhibisi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.

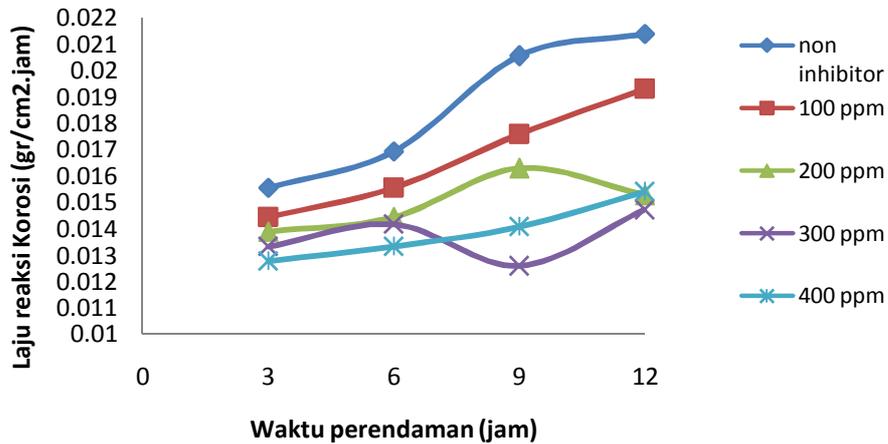


Gambar 1. Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibisi

Dari grafik pada Gambar 1. merupakan nilai efisiensi paling tinggi untuk setiap konsentrasi inhibitor yang digunakan dan waktu perendaman yang telah ditentukan, dapat dilihat bahwa grafik cenderung naik pada perbedaan konsentrasi yang diberikan. Gambar 12 adalah grafik waktu perendaman 9 jam. Berdasarkan penelitian waktu yang paling efektif untuk inhibitor kulit manggis ini dapat mempertahankan lapisan pasivasi yang terbentuk sebagai pelapis yang berfungsi mencegah proses korosi. Semakin banyaknya konsentrasi inhibitor yang dimasukkan ke dalam media korosi larutan asam sulfat maka semakin efisien senyawa tannin dalam menghambat laju reaksi korosinya. Pada konsentrasi 300 ppm nilai efisiensi lebih besar dibanding 400 ppm karena grafik yang ditampilkan pada waktu 9 jam sedangkan untuk 3 jam dan 6 jam nilai efisiensi pada 400 ppm lebih tinggi, dapat disimpulkan pada waktu 9 jam pada 400 ppm lapisan pasivasi yang

terbentuk mulai mengalami penurunan sehingga efisiensi yang didapat lebih kecil dan pada 400 ppm penurunan laju korosi lebih stabil, ini menunjukkan semakin banyak konsentrasi inhibitor maka penurunan laju korosi lebih sedikit dibandingkan dengan lainnya yang mengalami penurunan yang tajam.

4.3 Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Reaksi Korosi Pada Variasi Konsentrasi
Perbedaan waktu perendaman baja lunak (*mild steel*) memberikan pengaruh terhadap laju reaksi korosi yang terbentuk, dengan variasi waktu perendaman dalam larutan asam sulfat 1 M yaitu, 3, 6, 9 dan 12 jam. Grafik cenderung naik, kenaikan grafik dapat dilihat pada Gambar 2.

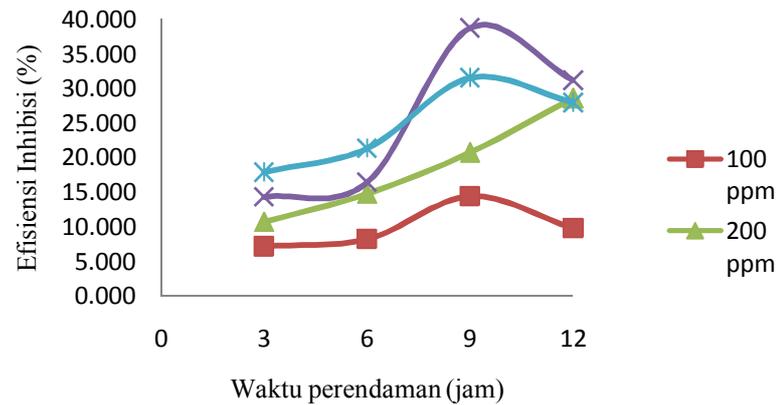


Gambar 2. Grafik pengaruh waktu perendaman terhadap laju reaksi korosi untuk variasi konsentrasi inhibitor.

Dari Gambar 2. terlihat bahwa larutan asam sulfat sangatlah korosif. Grafik pengaruh waktu perendaman *mild steel* terhadap laju reaksi semakin lama semakin meningkat. Laju reaksi pada perendaman *mild steel* selama 3 jam pada non inhibitor adalah 0,1556 gr/cm².jam, sedangkan pada waktu 12 jam didapatkan laju reaksi meningkat sebesar 0,02138 gr/ cm².jam. Pada konsentrasi 100 ppm dengan waktu 3 jam, grafik semakin meningkat pula yang menghasilkan laju reaksi korosi sebesar 0,0133 gr/cm².jam dan meningkat pada 12 jam dengan nilai laju reaksi korosi sebesar 0,0193 gr/cm².jam. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu perendaman maka ion-ion yang membentuk korosi semakin aktif membentuk lapisan FeO di permukaan *mild steel*. Sedangkan pada konsentrasi 300 dan 400 ppm dengan waktu perendaman 9 jam cenderung menurun. Hal ini disebabkan pada waktu perendaman tersebut tanin pada ekstrak kulit manggis menghambat laju korosi secara optimum.

4.4 Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Efisiensi Inhibisi Pada variasi Konsentrasi

Variasi waktu perendaman mild steel dalam larutan asam sulfat 1 M dapat mempengaruhi nilai efisiensi tanin ekstrak kulit manggis. Dapat dilihat nilai efisiensi tanin ekstrak kulit manggis seperti Gambar 3. dibawah ini.



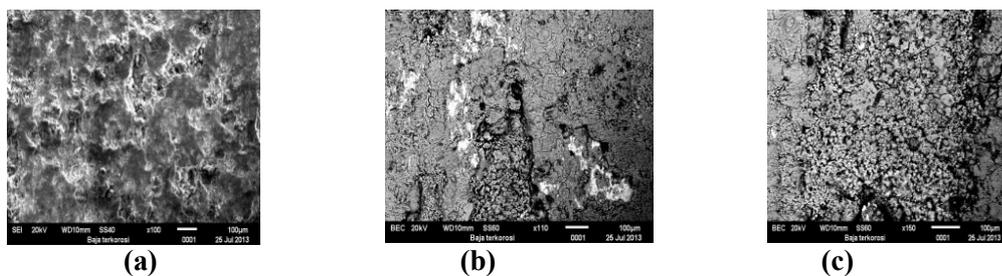
Gambar 3. Grafik pengaruh waktu perendaman terhadap efisiensi inhibisi korosi.

Penghambatan laju reaksi korosi dapat diketahui dari nilai efisiensi taanin. Dari Gambar 3. terlihat bahwa grafik efisiensi inhibisi korosi cenderung semakin meningkat. Nilai efisiensi inhibisi yang paling besar didapat pada konsentrasi inhibitor 300 ppm dengan nilai 38,739 % dan nilai yang paling rendah didapat pada konsentrasi inhibitor 100 ppm dengan nilai 7,143 %. Semakin besar nilai efisiensi, maka semakin besar pula menghambat laju reaksi korosi. Penghambatan laju reaksi korosi disebabkan karena adanya senyawa tanin yang ada dalam ekstrak (Kasim.A, 1995). Senyawa tanin dalam ekstrak dapat membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III) dipermukaan baja (Favre, *dkk.*, 1993) sehingga dapat menghambat laju reaksi korosi. Senyawa kompleks ini menghalangi serangan-serangan ion korosif pada permukaan baja, sehingga dapat menghambat terjadinya korosi.

Senyawa kompleks yang telah dibentuk oleh inhibitor membentuk lapisan pasivasi yang sangat tipis pada permukaan baja untuk melindungi permukaan baja, pada grafik dapat dilihat pada perendaman 9 jam merupakan waktu yang paling efektif dalam melindungi baja, hal ini disebabkan lapisan pasivasi yang terbentuk hanya mampu bertahan pada waktu tertentu dan mulai hilang sehingga akan terbentuk lapisan aktif yang menyebabkan proses korosi berlangsung. Pada penelitian sebelumnya (Asdim, 2007) didapat nilai efisiensi sebesar 48,79 % pada konsentrasi ekstrak 200 ppm. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang sudah pernah dilakukan adalah media korosif untuk merendamkan baja berbeda. Pada penelitian ini menggunakan media korosif dengan konsentrasi 1 M sedangkan penelitian (Asdim, 2007) menggunakan media korosif dengan konsentrasi 0,02 M.

4.6 Hasil Analisa SEM Pada Permukaan *Mild Steel*

Dari hasil penelitian yang didapatkan efektivitas inhibisi tertinggi adalah 38,739 % dengan laju korosi 0.002644 gram/cm².jam. Sampel *mild steel* tersebut dilakukan analisa SEM (*Scanning Electron Microscop*) untuk mengetahui korosi di permukaan *mild steel* secara mikroskop. Berikut ini adalah hasil analisa SEM dengan (a) perbesaran 100x, (b) perbesaran 110x dan (c) perbesaran 150x.



Gambar 4. Hasil analisa SEM (a) perbesaran 100x, (b) perbesaran 110x dan (c) perbesaran 150x.

SEM-EDS adalah nama *dispersive X-ray* spektroskopi energi analisis yang dilakukan dengan menggunakan *SEM*. Instrumen ini sangat cocok untuk berbagai jenis investigasi. Alat ini dapat menyelidiki struktur serat kayu dan kertas, logam, permukaan fraktur, produksi cacat di karet dan plastik. Detail terkecil yang dapat dilihat pada gambar *SEM* adalah 4-5 nm (4-5 sepersepuluh milimeter). Aplikasi dari teknik *SEM – EDS* dirangkum sebagai berikut:

1. Topografi: Menganalisa permukaan dan tekstur (kekerasan dan reflektivitas)
2. Morfologi: Menganalisa bentuk dan ukuran dari benda sampel
3. Komposisi: Menganalisa komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif.

Dari gambar 4. terlihat pada perbesaran 150 kali terjadi penumpukan *rust* hasil dari proses korosi yang terjadi pada *mild steel*. Hal ini disebabkan adanya ion – ion korosif H^+ yang menyerang Fe pada sebagian permukaan *mild steel*, sehingga Fe akan terionisasi menjadi Fe^{2+} dan membentuk FeO. Warna abu – abu menunjukkan bahwa sebagian permukaan Fe terlindungi oleh inhibitor yang membentuk senyawa kompleks dengan Fe^{2+} .

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut : Ekstrak kulit manggis (*Garcinia Mangostana L*) dapat digunakan sebagai inhibitor korosi baja lunak (*mild steel*) dalam larutan H_2SO_4 1 M. Kandungan tannin yang terbesar terdapat pada ekstrak kulit manggis muda dengan perbandingan massa kulit manggis dengan pelarut etanol adalah 1:10 dengan kadar 28,05 mg/100g. Nilai efisiensi inhibisi ekstrak kulit manggis pada media korosif larutan H_2SO_4 1 M sebesar 38,739 % pada konsentrasi 300 ppm dengan waktu perendaman 9 jam dengan laju korosi 0,002644 gr/cm².jam.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :Menggunakan pelarut yang lain untuk mendapatkan kadar tannin yang optimum didalam kulit manggis seperti methanol. Menggunakan metode potensiodinamik atau polarisasi untuk menghitung laju reaksi dan efisiensi inhibisi korosi agar diperoleh nilai yang lebih akurat. Menggunakan konsentrasi inhibitor lebih besar dari penelitian ini berkisar 1000-2000 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdim, 2007, *Penghambatan Reaksi Korosi Baja Dengan Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L) Sebagai Inhibitor Dalam Larutan Garam*. Universitas Bengkulu.
- Browning, B. L. 1966.*Methods of Wood Chemistry*. Vol I, II. Interscience Publishers. New York
- Djaprie S ., 1995, *Ilmu dan Teknologi Bahan* , ed. 5, hal. 483-510. Erlangga,Jakarta.
- Favre *et al.*,1993, *The Influence of Gallic Acid On The Reduction of Rust on Painted Steel Surface*, J. Corrosion Science 34, 1483-1492.
- Febrianto, *Pengaruh Inhibitor Borat dan Fosfat Terhadap Laju Korosi Innomel 600 dan Innomel 690 dalam larutan Klorida*, Proseding Presentasi Ilmiah teknologi Keselamatan Nuklir IV, Serpong (1999).
- Fogler, 1992, *Elements of Chemical Reaction Engginering* , 2nd ed, Prentice – Hall International. Inc, USA.
- Harbone, J.B. Diterjemahkan oleh Padmawinata K., Soediro, E., 1978, *Metode Fotokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan.* Bandung. ITB Press.
- Hosokawa, tetsuo dkk, 1999, *Kurita Handbook of Water Treatment*, Tokyo Japan

- Indra Surya Dalimunthe, 2004, *Kimia Dari Inhibitor Korosi*, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Kasim, A., 1995, *Identifikasi Senyawa Aktif Pada Kulit Buah Manggis dan Perubahannya*, Lembaga Penelitian Universitas Andalas, Padang, 1-14.
- Kirk and Othmer, 1965, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd ed., Vol.6, p. 320, John Willey and Sons, New York,.
- Lestari dan anjar, 2011, *Ekstraksi Tanin Dari Kulit Kayu Akasia (Acacia Mangium) Dan Pemanfaatannya Sebagai Inhibitor Korosi Logam Pada Feed Water Boiler*. UPI, Bandung.
- Linggawati, A., Muhdarina, E., dan Midiarty. A. (2002). *Pemanfaatan Tanin Limbah kayu Industri Kayu Lapis Untuk Modifikasi Resin fenol Formaldehid*. Jurnal Indonesia
- Makkar, H. P. S. 2003. *Quantification of tannin in tree and shrub foliage, A laboratory manual*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Nurusyifah, 2010, *Penetapan Kadar Marker A-Mangostin Pada Seduhan Simplisia Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L) Yang Dikeringkan* Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Rieger, 1992, H.P., 1992, *Electrochemistry*, 2nd ed., Chapman and Hall Inc, New York, 412-421.
- Roksa Kukuh, 2011, *Karakter Kulit Manggis, Kadar Polifenol Dan Potensi Anti Oksidan Kulit Manggis*, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sunarya, Yayan, dkk.2008. *Pengaruh Temperature Terhadap Mekanisme Inhibisi Oleh Sistein Pada Korosi Baja Dalam Larutan NaCl Jenuh*, Jurnal MIPA vol. 13 nomer 3 .
- Trethewey Kr and Chamberlain J, 1991, *Korosi Untuk Mahasiswa Dan Rekayasawan*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta , 234-239..
- Uhlig, H. H., 1961, *Corrosion Handbook*, John Willey & Sons Inc., London.
- Vogel, 1979, *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganik Analysis*, 5th ed., p.p. 257- 337, Longman Group Limited., London.