

EFEKTIVITAS INHIBITOR KOROSI DARI EKSTRAK DAUN JERUK LEMON (*Citrus limon* L.) PADA BAJA ST-37 DALAM MEDIA NaCl DAN HCl

N. N. A. T. Cahyanti, I. A. R. A. Asih*, dan I. A. G. Widihati

¹ Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana,
Jimbaran, Indonesia

*Email: astiti_asih@unud.ac.id

ABSTRAK

Korosi merupakan fenomena alam yang dapat merusak material logam seperti baja St-37 dan juga menyebabkan degradasi struktur serta penurunan kinerja material logam. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan inhibitor korosi sebagai solusi yang efektif. Salah satu bahan alam yang digunakan sebagai inhibitor korosi adalah ekstrak daun lemon, yaitu senyawa kimia yang ditambahkan ke lingkungan korosif untuk menghambat atau mencegah reaksi oksidasi logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi baja St-37 dalam media korosif NaCl dan HCl serta efisiensi inhibisi penggunaan inhibitor ekstrak daun lemon dengan berbagai konsentrasi untuk mencegah korosi. Daun lemon diekstraksi menggunakan metode maserasi, kemudian ekstrak tersebut diuji kandungan metabolit sekundernya. Laju korosi ditentukan menggunakan metode kehilangan berat. Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak daun lemon positif mengandung alkaloid, fenol, flavonoid, tanin, dan tanin terkondensasi. Laju korosi terendah baja St-37 pada media korosif NaCl dan HCl masing-masing sebesar 0,1685 dan 0,0658 *mmpy* (*millimetre per year*), dan efisiensi inhibisi tertinggi untuk melindungi media korosif masing-masing sebesar 96,6963 dan 40,3065%, dicapai pada konsentrasi inhibitor 500 ppm. Pengurangan laju korosi dan efisiensi penghambatan oleh ekstrak daun lemon pada baja S-37 dalam media korosif HCl lebih baik daripada dalam media NaCl.

Kata kunci: Efisiensi inhibisi, Inhibitor, Korosi, Laju korosi, Lemon

ABSTRACT

Corrosion is a natural phenomenon that can damage metal materials such as St-37 steel and also causes structural degradation and decreased performance of metal materials. Several studies have been conducted to develop corrosion inhibitors as an effective solution. One of the natural products used as a corrosion inhibitor is lemon leaf extract, a chemical compound added to corrosive environments to inhibit or prevent metal oxidation reactions. This study aimed to determine the corrosion rate of St-37 steel in NaCl and HCl corrosive media and the inhibition efficiency of using lemon leaf extract inhibitors with varying concentrations to prevent corrosion. Lemon leaves were extracted using the maceration method, and then the extract was tested for secondary metabolite content. The corrosion rate was determined using the weight loss method. The results of the phytochemical test showed that lemon leaf extract positively contained alkaloids, phenols, flavonoids, tannins, and condensed tannins. The lowest corrosion rate of the St-37 steel in the NaCl and HCl corrosive media of 0.1685 and 0.0658 *mmpy* (*millimetre per year*), respectively, and the highest efficiency of the inhibitor to protect corrosive media of 96.6963 and 40.3065%, respectively, were achieved at the inhibitor concentration of 500 ppm. The corrosion rate reduction and the inhibition efficiency by lemon leaf extract on the S-37 steel in HCl corrosive media was better than in NaCl media.

Keywords: Corrosion, Corrosion rate, Inhibition efficiency, Inhibitor, Lemon

PENDAHULUAN

Baja yang digunakan dalam konstruksi biasanya memiliki nilai tegangan yang terukur, seperti baja kelas St-37. Namun, baja St-37 rentan terhadap korosi (Sanjaya, *et al.*, 2018). Pemborosan pada sumber daya, pencemaran produk, biaya perawatan yang tinggi, penurunan efisiensi, dan desain ulang yang mahal merupakan akibat dari terjadinya korosi

(Permanasari, *et al.*, 2020). Penambahan inhibitor korosi merupakan salah satu cara untuk mengendalikan laju korosi. (Sidiq, 2013). Penggunaan kromat dan arsenic masih banyak digunakan dalam bidang industri, sehingga dibatasi oleh kebijakan lingkungan (Habibie & Palupi, 2014).

Pengembangan dan penggunaan inhibitor korosi kini lebih terfokus pada material yang ramah lingkungan dan ekonomis. Salah satu

jenis inhibitor korosi yang ramah lingkungan adalah ekstrak tumbuhan. Sebagai inhibitor, ekstrak bahan alami harus memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi dan mengandung atom dengan pasangan elektron bebas. Atom tersebut kemudian bertindak sebagai ligan, membentuk senyawa kompleks dengan logam (Febriani and Fachrudin, 2019). Mekanisme penghambatan laju korosi dari inhibitor korosi alami melalui adsorpsi molekul inhibitor korosi alami oleh permukaan logam (Priyotomo and Nuraini, 2016).

Mineral, flavonoid, asam sitrat, dan asam askorbat merupakan senyawa yang terkandung dalam lemon. Analisis fitokimia pada ekstrak daun lemon (*Citrus limon L.*) yang dikerjakan oleh Harahap *et al.* (2021) menunjukkan bahwa senyawa tanin, fenol, dan alkaloid terkandung pada daun kering lemon, serta senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, dan fenol terkandung pada daun segar lemon. Senyawa-senyawa yang terdapat pada ekstrak daun jeruk lemon tersebut mengindikasikan bahwa ekstrak daun jeruk lemon dapat digunakan sebagai inhibitor korosi. Oleh karena itu, untuk mengetahui kemampuan ekstrak daun jeruk lemon dalam menghambat laju korosi perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Menurut Ezeavara *et al.* (2014), tanin merupakan metabolit sekunder yang paling banyak terdapat pada daun jeruk dan konsentrasi tanin pada daun jeruk adalah 0,53-1,44%.

Berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian ini dilakukan pembuatan inhibitor korosi dari ekstrak daun jeruk lemon dan diterapkan pada baja St-37 dengan media larutan NaCl 3,5% dan HCl 3,5%. Variasi konsentrasi dari ekstrak daun jeruk lemon sebesar 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm, dan 600 ppm dengan waktu perendaman 9 hari.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun jeruk lemon, metanol teknis, akuades, FeCl₃ 1%, serbuk Mg, HCl 37%, NaCl 3,5%, HCl 3,5%, kloroform, pereaksi Meyer, reagen ammonia, aseton teknis, dan baja St-37, asam tanat, reagen *Folin Dennis*, KBr 0,1%, dan Na₂CO₃ 15%.

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seperangkat alat gelas, wadah botol plastik, ember, botol sampel, penggaris, gunting, blender, benang, kertas saring, kertas amplas, ayakan, timbangan analitik, mesin grinda, *Rotary Evaporator*, dan spektrofotometer UV-Vis.

Cara Kerja

Daun jeruk lemon kering dihancurkan hingga menjadi serbuk. Serbuk daun jeruk lemon ditentukan kadar airnya. Sebanyak 200 g serbuk daun jeruk lemon dimaserasi dengan pelarut methanol. Proses maserasi dilakukan selama 24 jam lalu disaring menggunakan kain kasa hingga ampas dan filtrat terpisah. Kemudian ampas yang dihasilkan dimaserasi kembali. Filtrat dipisahkan menggunakan *rotary evaporator* sehingga diperoleh ekstrak kental daun jeruk lemon yang selanjutnya digunakan sebagai inhibitor korosi. Tahap selanjutnya yaitu preparasi baja dan prepasrasi media korosif NaCl 3,5% dan HCl 3,5%.

Uji fitokimia dilakukan untuk mengetahui adanya senyawa alkaloid, flavonoid, fenol, tanin, tanin terkondensasi, dan tanin terhidrolisis. Penentuan kadar tanin dari ekstrak kental daun jeruk lemon dilakukan dengan metode spektrometri (Tyler *et al.*, 1976).

Tahap uji *weight loss* dilakukan dengan langkah pertama yaitu plat baja St-37 yang telah disiapkan ditimbang sebagai massa awal, lalu direndam dengan posisi melayang dalam larutan media korosif tanpa penambahan inhibitor dan dengan penambahan inhibitor. Lama perendaman ini dilakukan selama 9 hari. Variasi media korosif yaitu NaCl 3,5% dan HCl 3,5%. Variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm, dan 600 ppm. Perubahan baja St-37 diamati sebelum dan setelah perendaman, kemudian dilakukan penimbangan massa akhir.

Laju korosi dihitung dengan rumus:

$$\text{Laju Korosi (mmpy)} = \left(K \frac{K \times w}{a \times t \times d} \right) \quad (1)$$

dimana *mmpy* adalah *millimetre per year*. Sedangkan rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi inhibisi:

$$\text{IE\%} = \frac{CR_{\text{uninhibited}} - CR_{\text{inhibited}}}{CR_{\text{uninhibited}}} \times 100\% \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel Daun Jeruk Lemon

Daun jeruk lemon diperoleh dari daerah Gulingan, Mengwi, Badung, Bali. Hasil dari preparasi 2 kg sampel daun jeruk lemon segar diperoleh sebanyak 230 g serbuk kering. Untuk mengetahui kandungan air yang terdapat di dalam serbuk kering daun jeruk lemon, dilakukan pengujian kadar air. Menurut BPOM RI (2000), kandungan air yang diperbolehkan yakni kurang dari 10%. Hasil pengujian menunjukkan kadar air simplisia daun jeruk lemon sebesar $5,61 \pm 0,0580\%$. Dengan demikian, kadar air simplisia daun jeruk lemon memenuhi standar mutu. Sebanyak 200 g daun jeruk lemon diekstraksi dengan cara maserasi menggunakan 2L pelarut metanol. Hasil maserasi serbuk daun jeruk lemon dengan metanol diperoleh 10,2067 g ekstrak kental metanol dengan nilai rendemen sebesar 5,1066%.

Uji Fitokimia

Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak daun lemon positif mengandung alkaloid, fenol, flavonoid, tanin, dan tanin terkondensasi (Tabel 1). Menurut Muthmainnah (2017), untuk mengekstrak senyawa alkaloid sehingga terbentuk garam

alkaloid ditambahkan HCl 2 M. Penambahan pereaksi seperti Meyer bertujuan untuk mengendapkan garam alkaloid. Hasil reaksi ion K^+ dari pereaksi yang berikatan dengan atom N dari alkaloid dan membentuk kompleks kalium alkaloid membentuk endapan. Pada uji fenol, Fe dari pereaksi $FeCl_3$ yang ditambahkan membentuk kompleks dengan polifenol, menyebabkan warna hijau kehitaman. Menurut Ningsih *et al.* (2016), pada uji flavonoid, penambahan logam HCl dan Mg dapat mereduksi inti benzopiron. Reduksi kompleks dengan logam magnesium dan HCl menyebabkan terbentuknya kompleks berwarna merah. Pada uji tanin, penambahan $FeCl_3$ membentuk tanin sebagai kompleks antara atom non-logam (atom donor) dan ion Fe^{3+} sebagai atom/ion logam (atom pusat) (Khoiroh *et al.*, 2018). Adanya endapan setelah penambahan KBr 0,1% membuktikan bahwa ekstrak daun jeruk lemon mengandung tanin terkondensasi (Desinta, 2015).

Penentuan Kadar Tanin

Serapan maksimum dari standar asam tanat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 751 nm. Kurva baku asam tanat dibuat dari larutan standar asam tanat dengan penambahan reagen *Follin Dennis* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil skrining fitokimia

Metabolit Sekunder	Pereaksi	Perubahan	Hasil pengamatan
Flavonoid	HCl dan serbuk Mg	Warna awal hijau berubah menjadi hijau kekuningan	Positif
Alkaloid	Meyer	Terdapat endapan putih	Positif
Fenol	$FeCl_3$ 1%	Warna awal hijau berubah menjadi warna hitam	Positif
Tanin	$FeCl_3$ 1%	Warna awal hijau berubah menjadi hijau kehitaman	Positif
Tanin Terkondensasi	KBr 0,1%	Terbentuk endapan	Positif

Tabel 2. Tabel Hasil Absorbansi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Persamaan Regresi Linier
0,0	0,000	$y = 0,0038x - 0,0012$
12,5	0,051	
25,0	0,0833	
50,0	0,1953	
75,0	0,2825	

Harga koefisien korelasi (r) 0,9966 yang mendekati satu membuktikan bahwa persamaan regresi tersebut adalah linier. Absorbansi dari ekstrak daun jeruk lemon sebesar 0,4571 dan konsentrasi total tanin ekstrak daun jeruk lemon sebesar 120,6053 ppm, dengan persentase konsentrasi 0,0126% dan kadar total tanin ekstrak daun jeruk lemon sebesar 311,5637 mg TAE/g ekstrak.

Uji Weight Loss

Data dari laju korosi dan efisiensi inhibisi dengan variasi konsentrasi inhibitor dan media korosif dapat disajikan pada Tabel 3.

Pada media korosif HCl 3,5% nilai laju korosi lebih tinggi dibandingkan pada media korosif NaCl 3,5%, dikarenakan perbedaan sifat kimia antara kedua media korosif. HCl merupakan larutan asam yang bersifat korosif. Konsentrasi ion korosif seperti Cl⁻ pada HCl yang semakin tinggi akan semakin meningkatkan terjadinya korosi, namun ion Cl⁻ pada NaCl tidak bersifat korosif dengan sendirinya karena adanya gaya tolak menolak antara ion Na⁺ dan Cl⁻ (Syaiful *et al.*, 2022). Pada media HCl, molekul hidrogen (H₂) yang terbentuk menyebabkan lubang di dalam baja dan menyebabkan gelembung di permukaan

sehingga massa baja jauh lebih kecil daripada sebelumnya (Sari dan Dwiyati, 2015).

Konsentrasi optimum inhibitor korosi berada pada titik 500 ppm dengan nilai efisiensi inhibisi tertinggi dan nilai laju korosi terendah. Hal ini terjadi karena lapisan inhibitor telah mencapai titik jenuh, maka dari itu penambahan konsentrasi inhibitor 600 ppm relatif tidak menurunkan laju korosi dan menaikkan efisiensi inhibisi. Flavonoid, fenol, tanin, dan alkaloid bersifat larut dalam air, perendaman dalam air dalam waktu lama akan merusak atau menghancurkan lapisan inhibitor sehingga menyebabkan sebagian besar larut dan terbawa air (Irianty and Yenti, 2014).

Kategori tingkat ketahanan material suatu baja karbon dapat diketahui melalui satuan laju korosi (Afandi *et al.*, 2015). Pada media korosif HCl 3,5%, Ketahanan baja St-37 yang awalnya termasuk dalam kategori sangat buruk berubah menjadi kategori baik dan hasil yang semula termasuk ke dalam kategori baik menjadi kategori sangat baik terjadi pada media korosif NaCl 3,5%. Hal tersebut membuktikan bahwa inhibitor ekstrak dari daun lemon dapat digunakan untuk menghambat laju korosi pada dua jenis media korosif yang berbeda.

Tabel 3. Data laju korosi dan efisiensi inhibisi dengan variasi konsentrasi dan media korosif

Media Korosif	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Rata-rata laju korosi (mmpy)	Rata-rata efisiensi inhibisi (%)
HCl 3,5%	0	5,0993	0
	100	0,3418	93,2964
	200	0,3017	94,0828
	300	0,2866	94,3796
	400	0,2529	95,0411
	500	0,1685	96,6963
	600	0,2112	95,8576
NaCl 3,5%	0	0,1103	0
	100	0,0964	12,5624
	200	0,0899	18,4701
	300	0,0851	22,8145
	400	0,0785	28,8076
	500	0,0658	40,3065
	600	0,0712	35,4604

Mekanisme Ekstrak Daun Jeruk Lemon dalam Menghambat Laju Korosi pada Medium NaCl dan HCl

Ekstrak daun jeruk lemon dengan kandungan metabolit sekundernya seperti flavonoid, alkaloid, fenol, dan tanin berpotensi sebagai inhibitor korosi, karena dapat menyumbangkan pasangan elektron bebasnya (Ilyasa *et al.*, 2023). Pada molekul fenol, flavonoid, dan tanin dimana gugus O pada cincin C aromatik mengalami proses protonasi pada medium asam HCl 3,5%, namun tidak terjadi pada medium garam NaCl 3,5%. Penurunan jumlah H^+ dalam proses protonasi yang terjadi pada larutan korosif HCl 3,5% dapat mengurangi terbentuknya H_2 , dimana H_2 penyebab korosi pada baja (Madurani *et al.*, 2011).

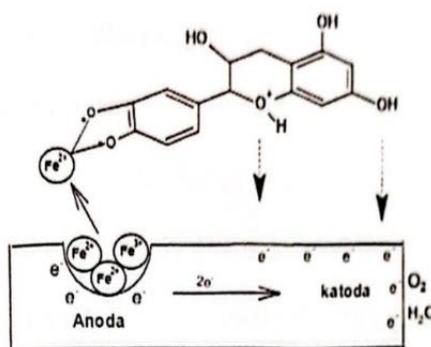
Menurut Akrom (2022), logam yang terkorosi berlaku seperti anoda dan katoda yang terhubung secara elektrik melalui badan itu sendiri, dimana pada permukaannya akan terjadi reaksi elektrokimia yang terdiri dari bagian yang terkorosi bertindak sebagai anoda dan permukaan yang tidak terjadi korosi sebagai katoda. Pada reaksi oksidasi di anoda, logam teroksidasi dengan melepaskan elektron dan membentuk ion logam positif (Fe^{2+} dan Fe^{3+}) yang terdispersi dari permukaan logam menuju larutan elektrolit pada lingkungan korosif dan elektron yang dihasilkan akan bergerak dari arah anoda menuju katoda melalui badan itu sendiri sehingga bertindak sebagai arus listrik.

Ion-ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} yang terdispersi dalam larutan kemudian dikelat atau diikat secara kovalen koordinasi oleh tanin melalui gugus O pada posisi orto cincin B yang memiliki elektron tidak berpasangan membentuk senyawa kompleks Fe(III) tanat/*Ferric Tannate* (lapisan pelindung). Mekanisme senyawa kompleks tanin dengan ion besi membentuk Fe(III) Tanat (lapisan pelindung) (Prasetyo, 2023).

Elektron dari hasil reaksi oksidasi bergerak dari daerah anoda ke katoda melalui badan **besi** itu sendiri sehingga membuat permukaan logam bermuatan negatif (Akrom, 2022). Protonasi yang terjadi pada gugus O di dalam struktur tanin membuat senyawa kompleks Fe(III) Tanat (lapisan pelindung) yang telah terbentuk, teradsorpsi pada permukaan logam secara fisik (fisisorpsi). Interaksi ini terjadi akibat tarik menarik antara permukaan logam yang bermuatan negatif

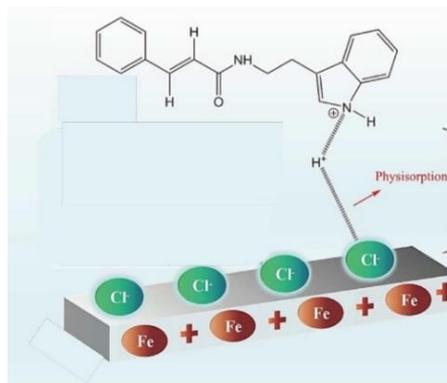
dengan molekul inhibitor yang telah terprotonasi sehingga bermuatan positif serta gugus hidroksil yang membentuk ikatan *Van Der Waals* dengan permukaan logam baja (Priyotomo *et al.*, 2019).

Protonasi pada tanin membuat besar gaya ikat tanin terhadap logam baja semakin bertambah. Sifat dari fisisorpsi adalah ikatan relatif lemah namun dapat terbentuk dengan sangat cepat (API SPESIFICATION 5L, 2004) sehingga membantu mempercepat proses pelapisan permukaan (*film forming*). Mekanisme inhibisi tanin (lapisan pelindung) terhadap spesimen baja dalam medium asam (HCl 3,5%) dapat dilihat pada Gambar 1 (Prasetyo, 2023).



Gambar 1. Proses inhibisi tanin (lapisan pelindung) terhadap spesimen baja dalam medium asam

Senyawa alkaloid pada medium HCl juga mengalami reaksi protonasi, sama halnya dengan senyawa flavonoid, alkaloid, dan tanin. Untuk mekanisme inhibisi alkaloid (lapisan pelindung) terhadap spesimen baja dalam medium asam (HCl 3,5%) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses inhibisi alkaloid (lapisan pelindung) terhadap spesimen baja dalam medium HCl

Pertama-tama, ion klorida terhidrasi diadsorpsi ke substrat logam bermuatan positif, membawa muatan negatif berlebih dari media agresif dan sementara itu meningkatkan adsorpsi kation. Selanjutnya, senyawa alkaloid terprotonasi tertarik ke antarmuka padat/cair dan membentuk lapisan pelindung dipengaruhi oleh interaksi elektrostatik, sehingga mencegah baja dari medium korosi (Shao *et al.*, 2022).

Mekanisme inhibisi flavanoid, fenol, tanin, dan alkaloid pada mediator garam NaCl 3,5% sama dengan mediator asam HCl 3,5%. Namun, flavanoid, fenol, tanin, dan alkaloid dalam mediator garam tidak mengalami protonasi sehingga tidak terjadi ikatan tambahan yang dapat menambah besar gaya ikat yang terjadi. Selain itu, jumlah molekul flavanoid, fenol, tanin, dan alkaloid yang diharapkan berikatan atau teradsorpsi pada permukaan logam sebagian besar cenderung berikatan dengan Na dan membentuk endapan pada dasar wadah. NaCl memiliki sifat koagulan, yang dapat mengendapkan flavanoid, fenol, tanin, dan alkaloid. Semakin banyak konsentrasi NaCl maka semakin banyak endapan yang terbentuk pada dasar wadah (Muchtar, 2013). Tipe inhibitor flavanoid, fenol, tanin, dan alkaloid yang dapat membentuk lapisan tipis pasif pada permukaan logam disebut dengan *mixed* Inhibitor karena pada anoda terjadi reaksi oksidasi dan pada katoda terjadi reaksi reduksi sehingga menurunkan keseluruhan reaksi korosi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Efisiensi inhibisi dan penurunan laju korosi inhibitor korosi dari ekstrak daun jeruk lemon pada baja St-37, di dalam medium HCl 3,5% lebih baik dibandingkan di dalam medium NaCl 3,5%. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor, laju korosi semakin rendah dan mencapai optimum pada konsentrasi 500 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Irfan S. A., & Amiadji. 2015. Analisa Laju Korosi pada Plat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Teknik ITS*. 4(1): 1-5
- Akrom, M. 2022. Investigasi Eksperimental Ekstrak Tanaman Alam sebagai Inhibitor Korosi pada Baja. *Journal Renewable Energy & Mechanics (REM)*. 5(1): 01-15
- API SPECIFICATION 5L. 2004. *Specification for Line Pipe*, 43rd. American Petroleum Institute. Washington
- BPOM RI. 2000. *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta
- Desinta, T. 2015. Penentuan jenis tanin secara kualitatif dan penetapan kadar tanin dari kulit buah rambutan (*Nephelium lappaceum. L*) secara permanganometri. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*. 4(1): 1-10
- Ezeavara, C., Okeke, C. U., Ilodibya, C. V., & Azagba, B. O. 2014. Determination of Tannin Content in Various Part of Six Citrus Species. *Journal of Scientific Research and Report*. 3(10): 1384-1392
- Febriani, M., & Fachrudin, I. 2019. Ekstrak Daun Sukun Sebagai Inhibitor Alami Penghambat Korosi Pada Kawat Stainless Steel. *Jurnal Ilmiah dan Teknologi Kedokteran Gigi*. 15(2): 61-66
- Habibie, A. L., & Palupi, A. E. 2014. Pengaruh Daun Teh dan Daun Jambu Biji sebagai Inhibitor Organik Alami pada Baja SS 304 dalam Larutan Asam. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. 03 (1): 9-13
- Harahap, I. S., Halimatussakdiah, H., & Amna, U. 2021. Skrining fitokimia ekstrak daun jeruk lemon (*Citrus limon L.*) dari kota Langsa, Aceh. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*. 3(1): 19-23
- Irianty, R. S., & Yenti, S. R. 2014. Pengaruh perbandingan pelarut etanol-air terhadap kadar tanin pada sokletasi daun gambir (*Uncaria gambir Roxb*). *Sagu*. 13(1), 1-7
- Khoiroh, N., Lukiati, B., & Parabaningtyas, S. 2018. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Kulit Buah Apel Manalagi (*Malus sylvestris Mill.*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* epidermidis secara In Vitro. *Jurnal Ilmu Hayat*. 2(1): 34-44
- Madurani, K.A., Harmami, & Wahyudi, A. 2011. Pengaruh Penambahan Ion I terhadap Inhibisi Korosi Baja SS 304 dalam Larutan HCl 1M dengan Senyawa Purin/Hasil Kondensasi Formadida. *Prosiding Seminar Kimia FMIPA ITS*. Kampus ITS Sukolilo, Surabaya. 7 Juli 2011.

- Muchtar, H. 2013. Pengaruh penambahan garam natrium dalam proses pengendapan limbah pengolahan gambir terhadap rendemen tanin. *Jurnal Litbang Industri*. 3(1): 59-65
- Muthmainnah, B. 2017. Skrining Fitokimia Senyawa Metabolit Sekunder dari Ekstrak Etanol Buah Delima (*Punica Granatum L.*) dengan Metode Uji Warna. *Jurnal Media Farmasi*. 8(2): 23-28
- Ningsih, D. R., Zufahair & Dwi, K. 2016. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder serta Uji Aktivitas Ekstrak Daun Sirsak sebagai Antibakteri. *Jurnal Molekul*. 11(1): 101-111
- Permanasari, A. R., Saputra, T. R., Nurul'Aina, A., & Liska, S. 2020. Penentuan Pelarut Terbaik pada Ekstraksi Tanin Kulit Kayu Akasia dan Pengaruhnya Sebagai Inhibitor Laju Korosi pada Baja Karbon. *J. Tek. Kim. dan Lingkungan*. 4(1): 7
- Priyotomo, G., & Nuraini, L. 2016. Studi awal potensi daun belimbing wuluh sebagai inhibitor korosi pada baja karbon di larutan asam klorida. *Prosiding Semnastek*.
- Priyotomo, G., Prifiharni, S., Nuraini, L., Sundjono, S., & Purawiardi, I. 2019. Korosi Baja Di Muara Baru Jakarta Dan Indramayu Dengan Simulasi Pasang Surut Uji Wet-Dry. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 12(1): 23-35
- Sanjaya, R., Ginting, E., & Riyanto, A. 2018. Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya L.*) Sebagai Inhibitor pada Baja ST37 dalam Medium Korosif NaCl 3% dengan Variasi Waktu Perendaman. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 6(2): 167-174
- Sari, Y., & Dwiyantri, A. T. 2015. Korosi H₂S dan CO₂ pada Peralatan Statik di Industri Minyak dan Gas. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*. 2(1): 1-58
- Shao, H., Yin, X., Zhang, K., Yang, W., Chen, Y., & Liu, Y. 2022. N-[2-(3-indolyl)ethyl]-cinnamamide synthesized from cinnamomum cassia presl and alkaloid tryptamine as green corrosion inhibitor for Q235 steel in acidic medium. *Journal of Materials Research and Technology*. 20: 916-933
- Sidiq, M. F. 2013. Analisa korosi dan pengendaliannya. *Jurnal foundry*. 3(1): 25-30
- Syaiful, A.Z., Tang, M., & Kada, J.R.B. 2022. Analisis Laju Korosi dan Lifetime Material Stainless steel. *Jurnal Saintis*. 3(2): 1-14
- Tyler, V.E. 1976. *Pharmacognosy*. 7nd Eds. Lea dan Febiger. London.