

Pengembangan Inhibitor Korosi dari Ekstrak Biji Alpukat (Persea americana) untuk Aplikasi pada Baja Tahan Karat

Rusman Yunarson Peramah Dachi

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Tjut Nyak Dhien, Indonesia

*e-mail: rusmanyunarso.utnd.ac.id

Info Artikel	Abstrak
Kata Kunci: Ekstrak biji alpukat Inhibitor korosi Baja tahan karat Lingkungan asam Bahan alami.	Rambutan (<i>Nephelium lappaceum L.</i>) merupakan buah tropis sejenis pokok buah saka yang tergolong ke dalam family <i>sapindaceae</i> . Daging buah rambutan kaya antioksidan dan vitamin bagi tubuh manusia terutama vitamin C dan disukai oleh masyarakat karena bentuknya yang unik (berambut) dan rasa daging buahnya yang manis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas ekstrak biji alpukat (<i>Persea americana</i>) sebagai inhibitor korosi pada baja tahan karat. Korosi merupakan masalah utama dalam industri yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi dan kerusakan material yang signifikan. Penggunaan inhibitor korosi yang alami dan ramah lingkungan menjadi solusi yang semakin diminati untuk mengurangi dampak negatif korosi. Metode penelitian meliputi ekstraksi biji alpukat menggunakan pelarut etanol, kemudian karakterisasi ekstrak dilakukan dengan metode spektroskopi UV-Vis dan Fourier Transform Infrared (FTIR). Uji efisiensi inhibisi korosi dilakukan dengan metode gravimetri dan elektrokimia pada baja tahan karat dalam larutan asam klorida (HCl) 1 M. Variasi konsentrasi ekstrak biji alpukat digunakan untuk menentukan konsentrasi optimal yang memberikan perlindungan terbaik terhadap korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak biji alpukat memiliki aktivitas inhibisi korosi yang signifikan pada baja tahan karat. Efisiensi inhibisi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak, dengan efisiensi tertinggi mencapai lebih dari 90% pada konsentrasi 1000 ppm. Spektroskopi UV-Vis dan FTIR mengkonfirmasi adanya senyawa aktif dalam ekstrak yang berinteraksi dengan permukaan baja, membentuk lapisan protektif yang menghambat proses korosi. Dengan demikian, ekstrak biji alpukat terbukti efektif sebagai inhibitor korosi yang ramah lingkungan untuk baja tahan karat dalam lingkungan asam. Penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam bidang teknologi pengendalian korosi dan membuka peluang untuk pemanfaatan lebih lanjut bahan-bahan alami sebagai solusi perlindungan material yang berkelanjutan.
Keywords: Avocado seed extract Corrosion inhibitor Stainless steel Acidic environment Natural materials	Rambutan (<i>Nephelium lappaceum L.</i>) is a tropical fruit belonging to the <i>Sapindaceae</i> family. The flesh of the rambutan is rich in antioxidants and vitamins, especially vitamin C, and is favored by people for its unique hairy appearance and sweet taste. This study aims to evaluate the effectiveness of avocado seed extract (<i>Persea americana</i>) as a corrosion inhibitor for stainless steel. Corrosion is a major issue in the industry, causing significant economic losses and material damage. The use of natural and environmentally friendly corrosion inhibitors is becoming an increasingly preferred solution to mitigate the negative impact of corrosion. The research methodology includes extracting avocado seeds using ethanol as a solvent, followed by characterizing the extract with UV-Vis spectroscopy and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. The corrosion inhibition efficiency was tested using gravimetric and electrochemical methods on stainless steel in a 1 M hydrochloric acid (HCl) solution. Various concentrations of avocado seed extract were used to determine the optimal concentration providing the best corrosion protection. The results showed that avocado seed extract exhibited significant corrosion inhibition activity on stainless steel. The inhibition efficiency increased with the concentration of the extract, with the highest efficiency exceeding 90% at a concentration of 1000 ppm. UV-Vis and FTIR spectroscopy confirmed the presence of active compounds in the extract that interacted with the stainless steel surface, forming a protective layer that inhibited the corrosion process. Thus, avocado seed extract proved to be an effective and environmentally friendly corrosion inhibitor for stainless steel in acidic environments. This research contributes new insights into corrosion control technology and opens up opportunities for further utilization of natural materials as sustainable material protection solutions.

JuKSIT is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License



1. PENDAHULUAN

Tanaman rambutan (*Nephelium lappaceum*) adalah salah satu tanaman asli Indonesia yang saat ini sedang dikembangkan sebagai antioksidan. Daging buah rambutan kaya akan vitamin bagi tubuh manusia terutama vitamin C dan disukai oleh masyarakat karena bentuknya yang unik (berambut) dan rasa daging buahnya yang manis [1]. Rambutan merupakan spesies dari Sapindaceae yang berasal dari Semenanjung Malaysia. Pada saat musim buah, limbah rambutan (*Nephelium lappaceum*) yang dihasilkan akan lebih banyak dari biasanya, terutama pada bagian kulit buah rambutan. Beberapa Penelitian telah melaporkan bahwa pada kulit buah rambutan terdapat senyawa fenolik yang berpotensi sebagai penangkal radikal bebas. Senyawa fenolik tersebut seperti asam ellagat, corilagin dan geraniin berhasil diisolasi dari ekstrak metanol kulit buah rambutan [2]. Pada bagian kulit buah rambutan banyak terdapat senyawa flavonoid, tanin, saponin dan antosianin yang diduga sebagai pigmen yang membuat kulitnya berwarna merah tua. Senyawa tannin merupakan derivat dari asam galat (**Gambar 2**) yang terestarkan [3]. Tanin secara umum didefinisikan sebagai senyawa polifenol yang memiliki berat molekul cukup tinggi (lebih dari 1000) dan dapat membentuk kompleks dengan protein [4]. Thitilertdech, et al., 2008 melaporkan bahwa terdapat 79 senyawa fenol (polifenol) dan saponin didalam rambutan [5].

Inovasi terbaru saat ini ditemukan bahwa pada bagian kulit buah rambutan dapat dimanfaatkan sebagai *green* inhibitor korosi [6]–[10] *Green* inhibitor korosi adalah inhibitor korosi yang ramah lingkungan. Korosi merupakan suatu reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung secara spontan. Korosi tidak dapat dicegah maupun dihentikan, namun dapat dikendalikan sehingga memperlambat kerusakan suatu materi. Korosi pada logam menimbulkan banyak kerugian, khususnya di sektor industri. Pada pengolahan baja melalui proses pickling sangat rentan menyebabkan terjadinya korosi, karena menggunakan larutan HCL. Larutan HCl yang digunakan selain bersifat pembersih juga bersifat korosif dan menjadi faktor penyebab terjadinya korosi pada baja hasil proses pickling [7].

Pada negara maju terdapat sekitar 3,5% dari penghasilan negara digunakan untuk perbaikan, pemeliharaan, dan penggantian peralatan yang menggunakan logam [11]. Oleh karena itu diperlukan upaya pencegahan untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan oleh korosi. Penggunaan inhibitor merupakan metode yang paling praktis dan paling banyak digunakan untuk melindungi logam dari korosi [12]. Inhibitor dapat membentuk lapisan teradsorpsi pada permukaan logam sehingga dapat memperlambat laju korosi [13]. Senyawa yang dapat digunakan sebagai inhibitor adalah senyawa organik yang memiliki gugus fungsi bersifat elektronegatif dan elektron π dalam ikatan rangkap dua atau tiga terkonjugasi [14] serta senyawa organik yang memiliki gugus heteroatom (N, O, P, S) dan atom-atom dengan pasangan elektron [15]. Pada umumnya semakin besar konsentrasi inhibitor, maka semakin efektif dalam menurunkan korosi pada logam. Selain dapat mengurangi limbah rambutan, penggunaan kulit buah sebagai inhibitor korosi juga merupakan suatu upaya untuk memperoleh inhibitor yang ramah lingkungan [9], [11].

Beberapa pemanfaatan senyawa fenolik yang terdapat pada produk samping rambutan akan dijelaskan di artikel ini. Informasi yang diberikan menyoroti potensi menggunakan limbah kulit buah rambutan sebagai sumber alami senyawa fenolik dan membahas topik penelitian inovasi terbaru yang dapat meningkatkan pemanfaatan nilai tambah dari kulit buah rambutan. Kajian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang nilai tambah penggunaan produk sampingan dari rambutan. Informasi tersebut mencakup kandungan, uji fitokimia dari limbah tanaman (kulit buah rambutan) yang berfokus pada senyawa fenolik dan asam galat yang kaya antioksidan dan dapat digunakan sebagai inhibitor korosi. Selain itu, artikel ini memberikan ringkasan metoda yang digunakan untuk penentuan inhibitor korosi dari kulit buah rambutan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan artikel review ini yaitu melalui studi literatur ilmiah. Pengumpulan data dilakukan secara online melalui ScienceDirect, Google Scholar, ResearchGate, Pubmed dan Google. Pencarian sumber pustaka atau acuan dilakukan dengan menggunakan kata kunci “inhibitor korosi dari ekstrak kulit buah Rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn)” atau “Inhibitor Corrosion of Rambutan’s (*Nephelium lappaceum* Linn) Peels” dan bersumber dari jurnal-jurnal nasional maupun jurnal internasional 5 tahun terakhir. Jurnal referensi yang telah sesuai kemudian dikaji secara utuh, dan disajikan dalam bentuk review studi literatur ilmiah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Morfologi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.)

Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) adalah sejenis pokok buah saka yang juga merupakan tanaman tropis yang tergolong ke dalam family lerak-lerakan atau Sapindaceae. Tanaman ini berasal dari daerah kepulauan di Asia

Tenggara. Awalnya penyebaran rambutan terbatas di daerah tropis, akan tetapi saat ini sudah bisa ditemui di daratan yang mempunyai iklim subtropis, seperti Afrika, Kamboja, Karibia, Amerika Tengah, India, Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand, dan Sri Lanka. Terdapat 22 jenis rambutan baik yang berasal dari galur murni maupun hasil okulasi atau penggabungan dari dua jenis dengan galur yang berbeda (Menristek, 2000).

Rambutan dapat tumbuh baik di daerah dengan ketinggian sampai 500 meter di atas permukaan laut. Buah rambutan berbentuk bulat lonjong, dengan panjang 3-5 cm, dan terdapat duri lunak (rambut) yang menempel dikulit buah rambutan dengan struktur lemas/ kaku (**Gambar 1**). Kulit buah berwarna hijau dan akan berubah menjadi kuning atau merah apabila buah telah matang. Dinding buah tebal dan daging buah berwarna putih transparan yang dapat dimakan dengan variasi rasa dari masam sampai manis, dan mengandung banyak air. Biji terbungkus daging buah, berbentuk elips dengan kulit tipis berkayu [43].



Gambar 1. Buah dan kulit rambutan

Rambutan dibudidayakan sebagai tanaman pekarangan untuk dimanfaatkan buahnya. Selain menjadi tanaman konsumsi, rambutan mempunyai manfaat lain yaitu seluruh bagian dari rambutan dapat digunakan sebagai tanaman obat [43].

Menurut Cronquist (1981), rambutan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Rosidae
Ordo	: Sapindales
Famili	: Sapindaceae
Genus	: Nephelium
Spesies	: Nephelium lappaceum [44].

Jumlah produksi tahunan rambutan yang sangat populer di Asia antara tahun 2015 dan 2017 adalah 1386,1 ribu metrik ton. Pada periode ini Indonesia adalah produsen terbesar dengan 692,0 TMT (49,9% dari total produksi)/tahun diikuti oleh Thailand (344,8 TMT; 24,9%), Vietnam (261,4 TMT; 18,8%), Malaysia (62,7 TMT; 4,5%), dan Filipina (7,70 TMT; 0,6%) (Altendorf, 2018). Sedangkan biji rambutan dan kulitnya masing-masing menyumbang sekitar 7,0 - 10,0 dan 45,9 – 64,7% dari berat buah Volume produksi yang tinggi dari buah-buahan ini, menghasilkan sejumlah besar produk sampingan. Industri makanan dan obat-obatan telah memanfaatkan produk sampingan dari buah ini menjadi bahan makanan dan produk *nutraceutical*. Hal ini karena telah banyak dilakukan penelitian untuk menyelidiki aktivitas biologis kulit buah rambutan beserta komposisi kimianya [3].

3.2 Senyawa yang terdandung dalam kulit buah rambutan

Kulit buah juga dikenal sebagai kulit adalah lapisan pelindung luar yang menutupi daging buah dan dapat dimakan yang menstabilkan integritas buah. Kulit buah rambutan mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder dominan seperti polifenol, saponin, flavonoid, dan tanin. Berdasarkan hasil uji fitokimia pada kulit buah rambutan menunjukkan bahwa terdapat senyawa terpenoid dan alkaloid [17], flavonoid, polifenol, saponin, triterpenoid dan steroid, serta pada kulit buah rambutan dominan mengandung senyawa polifenol [18] dan tanin [19]. Data hasil uji fitokimia dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukan bebrapa senyawa yang terkandung dalam ekstrak kulit buah rambutan dari beberapa peneliti sebelumnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Zulhipri et al, 2012 ditemukan bahwa senyawa dominan yang terdapat pada ekstrak kulit buah rambutan yaitu fenolik.

Tabel 1. Hasil uji fitokimia ekstrak kulit buah rambutan

Uji golongan	Ekstrak kulit buah rambutan	Ekstrak etanol[17]	Ekstrak Methanol [18]
Steroid	++	-	+
Terpenoid	++	+	+
Alkaloid	+	-	-
Fenolik	+	-	+++
Saponin	-	+	++

Keterangan:

—= tidak ada zat aktif dalam sampel

+ = kandungan zat aktif relatif rendah

++ = kandungan zat aktif relatif sedang

+++ = kandungan zat aktif relatif tinggi aktivitas

Pada hasil uji Kromatografi Lapis Tipis (KLT) kulit buah rambutan mengandung flavonoid karena memiliki warna dan R_f yang mendekati standar (flavonoid) pada sinar tampak, sinar UV dan visibel mengandung senyawa tanin karena menghasilkan warna dan R_f yang sama dengan standar (asam galat) [19]. Analisis senyawa fenol dalam kulit buah rambutan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan metode Folin-Coicalteu memberikan hasil sebesar 39,78% [21]. Penelitian juga melaporkan adanya vitamin, seperti tiamin, riboflavin, niasin, asam askorbat, serta karoten yang merupakan prekursor vitamin A (biji dan kulit rambutan) [16], [22].

Daun rambutan mengandung senyawa saponin dan tanin. Tanin merupakan senyawa organik non toksik yang tergolong folifenol diperoleh dari ekstrak tumbuh-tumbuhan, dan senyawa ini juga memiliki gugus hidroksi. Gugus hidroksi dapat berikatan dengan logam untuk membentuk senyawa kompleks pada permukaan baja, sehingga tanin dapat berfungsi sebagai zat anti korosi [9]. Tanin mempunyai kemampuan mengendapkan protein, membentuk khelat logam dan sebagai zat pigmen warna.

3.3 Senyawa fenolik

Senyawa fenolik merupakan senyawa yang memiliki fungsi biologis beragam. Senyawa fenolik ini adalah senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tanaman yang bertanggung jawab atas karakteristik sensorik. Senyawa fenolik merupakan salah satu kelas terbesar dari senyawa bioaktif yang mengandung satu atau lebih cincin aromatik yang diikuti dengan satu atau lebih gugus hidroksil dalam struktur molekulnya [23].

Produk sampingan rambutan merupakan sumber yang kaya akan senyawa fenolik yang konsentrasinya bervariasi tergantung pada kultivar buah tertentu dan tingkat kematangannya[24], [25]. Dibandingkan dengan bagian yang dapat dikonsumsi, pada biji dan kulitnya mengandung senyawa fenolik yang lebih tinggi.

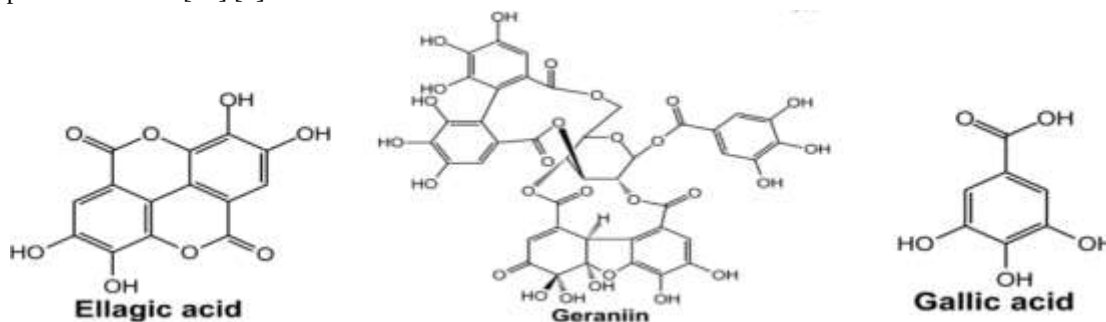
Senyawa fenol diklasifikasikan ke dalam berbagai kelompok asam fenolik, flavonoid, tanin dan produk hidrolisisnya, serta turunannya. **Pada Tabel 2.** menunjukkan bahwa beberapa senyawa fenolik yang terdeteksi pada kulit buah rambutan dengan membandingkan waktu retensi dengan standar referensi setelah pemisahan menggunakan HPLC (*High performance liquid chromatography*) atau HPLC-ESI-MS/MS dan spektroskopi NMR (*nuclear magnetic resonance*) untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang terdapat dalam Rambutan.

Tabel 2 Senyawa fenolik yang terdapat pada kulit buah rambutan [26]

Pelarut	Jenis Senyawa fenol	Referensi
1. Air	p-Coumaroyl glukosa, asam vanilat, heksosida, asam karboksilat Brevifolin, asam ellagic, ellagic dan pentoside, Corilagin, Castalagin/ Vescalagin, Galloyl-bis-HHDP-hexoside, Geraniin Apigenin, Apigenin, arabinoside, Apigenin glukosida	[27]

- | | | |
|--------------------|--|------|
| 2. Etanol | Geraniin, etil galat | [28] |
| 3. Etanol
encer | asam galat, asam protocatechuic, asam
syringic, Asam klorogenat, asam p-coumaric,
asam salisilat, Konjugat asam galat, konjugat
asam caffeic, Geraniin, Katekin dan Rutin | [29] |
| 4. Methanol | Asam ellagic, Corilagin, Geraniin | [5] |

Variasi senyawa fenolik yang diamati tergantung pada jenis pelarut ekstraksinya. Pada beberapa penelitian dilaporkan bahwa senyawa fenolik utama dalam kulit rambutan yaitu senyawa geraniin yang struktur molekulnya dapat dilihat pada Gambar 2. [30].[5].



Gambar 2. Struktur molekul senyawa Geranii, Asam Galat, dan Asam Ellagic yang terdapat pada kulit buah rambutan [26].

La et al, 2013, juga mengungkapkan kandungan fenolik total yang lebih tinggi dalam ekstrak etanol 80% kulit rambutan (53,9 mg GAE/g berat kering) dibandingkan manggis (42,2 mg GAE/g berat kering) dan langsung (22,0 mg GAE/g berat kering) [31]. Informasi ini menunjukkan potensi pemanfaatan produk sampingan dari rambutan sebagai bahan sumber senyawa fenolik yang jenis dan kandungannya bergantung pada kultivar buah, kematangan buah, daerah tumbuh, dan pelarut ekstraksi yang digunakan [26].

3.4 Penerapan produk sampingan yang berasal dari pengolahan kulit buah rambutan

Limbah Sapindaceae dalam jumlah yang cukup besar dihasilkan dari produksinya yang tinggi dengan dampak lingkungan yang signifikan. Oleh karena itu, transformasi produk samping tanaman ini menjadi produk baru akan mengurangi biaya pengolahan limbah dan bernilai ekonomis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa senyawa bioaktif fenolik yang terkandung pada kulit buah rambutan dapat dimanfaatkan untuk menunjang kebutuhan hidup. Ekstrak fenolik dapat dikembangkan menjadi *nutraceuticals*, obat dan produk makanan lainnya karena sifat antioksidan dan antimikroba. Kontribusi ini memberikan gambaran tentang sifat dasar fenolat bioaktif dari kulit buah rambutan, aktivitas biologisnya, dan potensi komersialnya.

Penelitian menggunakan ekstrak tanaman ini menunjukkan beberapa aktivitas biologis seperti aktivitas antioksidan, aktivitas antimikroba, aktivitas anti-tirosinase, kemoprevensi kanker, antiaktivitas inflamasi, aktivitas antihiperlipidemia dan antidiabetes, serta aktivitas depresan sistem saraf pusat dan antinocisepatif [32]. Penelitian terbaru yang sangat menarik perhatian yaitu mengenai kemampuan kulit daun rambutan sebagai inhibitor korosi pada berbagai media asam. Sifat-sifat ini mengarah pada aplikasi potensial kulit buah rambutan dalam produk industri.

3.5 Rambutan sebagai inhibitor korosi.

Inhibitor adalah suatu senyawa kimia yang ditambahkan dalam jumlah kecil mampu menghambat reaksi korosi antara logam dengan lingkungannya. Inhibitor membentuk lapisan protektif dipermukaan logam dengan reaksi antara larutan dan permukaan logam. Pada umumnya semakin besar konsentrasi inhibitor, maka semakin efektif dalam menurunkan korosi pada logam [33]. Penggunaan inhibitor adalah salah satu metode yang paling praktis dan banyak digunakan untuk melindungi logam dari korosi. Pada umumnya inhibitor yang banyak digunakan adalah senyawa organik karena lebih ramah lingkungan, biodegradable, mudah didapat dan tidak beracun [35]. Penelitian untuk mendapatkan inhibitor yang ramah lingkungan telah banyak dilakukan, seperti penggunaan bahan alam dari tumbuh-tumbuhan seperti ekstrak kulit *Gnetum gnemon*. L [36], daun *Theobroma cacao* [34], ekstrak daun *Dodonaea viscosa* (L.) [37] ekstrak daun *Toona sinensis* [38] dan ekstrak kulit buah *Nephelium lappaceum* Linn [10]. Penelitian secara komputasi untuk penentuan inhibitor korosi juga sangat berkembang saat ini, karena dengan metode komputasi dapat mengetahui

mekanisme inhibisi korosi suatu inhibitor pada permukaan logam. [13], [39], [40]. Ekstrak *Nephelium lappaceum* kaya akan senyawa flavonoid antioksidan [16], dan banyak atom polar dan ikatan yang kaya elektron dapat mempromosikan adsorpsi molekul antioksidan pada permukaan logam dengan menyumbangkan elektron ke atom besi dan membentuk ikatan koordinat.

Tabel 3. Menunjukkan beberapa data eksperimen yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya mengenai pengaruh ekstrak rambutan sebagai inhibitor terhadap efisiensi inhibisi korosi dari berbagai jenis logam. Pada tabel terlihat 3 terlihat bahwa % efisiensi inhibisi yang diperoleh bervariasi. Hal ini karena metoda yang digunakan berbeda dan logam uji serta media korosi yang digunakanpun berbeda. Berdasarkan data tersebut secara signifikan terlihat bahwa kulit buah rambutan merupakan inhibitor yang baik untuk mencegah korosi pada logam.

Tabel 3. Data eksperimen uji inhibisi korosi ekstrak Kulit buah rambutan ensiodinamik polarisasi dan analisis fotooptik

Bagian		Media		Konsentrasi	
Logam uji		Media		Konsentrasi	
Rambutan		korosif		Inhibitor	
Kulit buah	Baja ST 37	Larutan HCL	0,5 % ; 1,0 % ; 1,5 % ; 2,0 %		
Kulit buah	Baja ST 37	Larutan H ₂ SO ₄	0,5 % ; 1,0 % ; 1,5 % ; 2,0 %		
Metoda		Hasil		Ref	
		% Efisiensi inhibisi			
Metoda kehilangan berat (Weight Loss method dan Twoway Anova		63,13%		[10]	
Metode kehilangan berat (Weight Loss),pot		85,25%		[6]	
Kulit buah	Aluminium	larutan HCl 0,1M	0.1 g/l, 0.2g/l, 0.3g/l, 0.4g/l dan 0.5g/l	Metode gravimetri dan termometri	59,09 % [7]
Daun rambutan	Plat besi	Air laut	0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm	Metode perendaman	96% [9]

Bukhori, 2020 telah melakukan penelitian tentang pengaruh kadar inhibitor ekstrak kulit buah rambutan dengan variasi konsentrasi larutan HCL terhadap laju korosi baja ST 37. Metode yang digunakan yaitu Metode kehilangan berat (*Weight Loss method*) untuk menghitung laju korosi dan metode *Twoway Anova* sebagai teknik analisis data. Pada penelitiannya digunakan variasi konsentrasi ekstrak kulit rambutan yaitu sebanyak 0,5%, 1,0%, 1,5%, dan 2,0% dalam larutan HCL dengan konsentrasi 0,1 N, 0,5 N, dan 1,0 N. Hal ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi masing-masing inhibitor dalam medium HCL dan berapa jumlah kadar minimal inhibitor di dalam lingkungan korosif (larutan HCL) yang paling optimal dan efektif untuk menghambat laju korosi di dalamnya [10].

Baja ST. 37 mengandung 0,12% C; 0,10% Si; 0,50% Mn; 0,05% S, 0,04% P; 0,02% Al; 0,10% Cu dan sisanya adalah logam besi (Fe). Fe sangat rentan terhadap lingkungan yang bersifat korosif, sehingga mudah bereaksi terjadi korosi. Baja St. 37 dengan kandungan Fe di dalamnya akan membentuk suatu reaksi dengan larutan HCL yang bersifat

korosif. Reaksi kimia tersebut dapat berupa reaksi Fe dengan HCl secara langsung maupun reaksi dengan air dan oksigen yang tercampur ke dalamnya. Reaksi-reaksi tersebut akan membentuk reaksi korosi pada permukaan baja.

Reaksi antara baja dengan HCl dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:



Pada penelitian yang dilakukan oleh Bukhori, 2020; HCl dilarutkan dalam air untuk membentuk medium korosi. Senyawa air akan mempengaruhi reaksi antara Fe dan HCl, sehingga reaksi kimia antara ketiganya dapat dilihat pada persamaan berikut.



Persamaan 3 merupakan persamaan reaksi korosi yang dibentuk oleh Fe, HCl dan H₂O. Terbentuknya reaksi korosi pada permukaan baja, akan menimbulkan suatu kerusakan yang dapat menurunkan kualitas dari baja itu sendiri [10].

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, terdapat pengaruh jumlah konsentrasi ekstrak kulit buah rambutan sebagai inhibitor dengan konsentrasi larutan HCl terhadap laju korosi baja St 37. Hasil penelitian menunjukkan bagaimana pengaruh dari kadar inhibitor ekstrak kulit buah rambutan terhadap laju korosi baja St. 37 dan pengaruh konsentrasi larutan medium korosif (HCL) terhadap laju korosi baja st. 37. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai efisiensi inhibitor yang paling tinggi terdapat pada kadar inhibitor 2,0% dan 0,1 N HCl yaitu sebesar 63,13%. Sedangkan nilai efisiensi inhibitor paling kecil adalah pada kadar inhibitor 0,5% dan konsentrasi 0,5 N HCl yaitu hanya sebesar 1,42%. Hal ini menandakan bahwa semakin banyak kadar inhibitor yang ditambahkan, maka nilai efisiensi inhibitor akan semakin meningkat. Hal yang sama juga terjadi pada konsentrasi larutan HCL, dimana semakin besar konsentrasi larutan HCl yang ditambahkan, maka laju korosi yang terjadi juga akan semakin tinggi. Penambahan larutan HCl dengan konsentrasi yang berbeda akan menyebabkan laju korosi yang berbeda. Pada campuran 2,0% inhibitor dan 0,1 N HCl, inhibitor ekstrak kulit buah rambutan telah terabsorpsi dengan baik pada permukaan baja dan kompleks Fe-tannin yang terbentuk telah menutupi seluruh permukaan baja dari medium korosif [11].

Beatriq, et al, 2013, melaporkan bahwa Ekstrak kulit buah rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn) dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja ST. 37 dalam media asam sulfat. Metode yang telah digunakan yaitu Metode kehilangan berat (*Weight Loss*), potensiodinamik polarisasi dan analisis fotooptik untuk penentuan penghambatan korosi baja. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa laju korosi menurun dengan penambahan ekstrak kulit buah rambutan dan meningkat dengan peningkatan suhu. Efisiensi inhibisi korosi meningkat dengan penambahan konsentrasi ekstrak kulit buah rambutan dan menurun dengan meningkatnya suhu. Efisiensi inhibisi tertinggi adalah 89,75% pada konsentrasi H₂SO₄ 0,5 N dan NaCl 0,2 N dengan konsentrasi ekstrak kulit buah rambutan yaitu 2,0%. Energi aktivasi dengan penambahan konsentrasi kulit buah rambutan lebih tinggi dibandingkan tanpa ekstrak kulit buah rambutan yaitu 96,59 kJ/mol sampai 120,88 kJ/mol. Analisis fotooptik menunjukkan bahwa terjadinya perbedaan permukaan baja yang direndam dengan medium H₂SO₄ 0,5 N terbentuk lubang-lubang dan baja pada medium H₂SO₄ 0,5 N ditambah dengan ekstrak kulit buah rambutan 2,0% tidak mengalami kerusakan yang lebih jika dibandingkan dengan yang tanpa penambahan inhibitor. Analisis potensiodinamik memperlihatkan ekstrak bersifat inhibitor campuran dengan efisiensi inhibisi tertinggi yaitu 89,75% [6].

Pada penelitian Beatriq, et al, 2013, Metoda kehilangan berat digunakan untuk menentukan laju korosi pada baja ST. 37 dengan menggunakan medium H₂SO₄. Penentuan kehilangan berat baja ini dilakukan dengan perendaman baja dalam larutan medium H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; dan 2,0 N. Menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi medium asam sulfat maka laju korosi akan semakin tinggi. Semakin tingginya laju korosi ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah ion agresif H⁺ dalam larutan yang mendegradasi baja tersebut sehingga terjadinya peristiwa korosi. Sedangkan dengan penambahan NaCl 0,2 N ke dalam medium korosif maka laju korosi yang dihasilkan akan semakin menurun. Penurunan laju korosi ini pada disebabkan karena adanya penyerapan ion Cl⁻ pada permukaan baja yang akan menghalangi penyerangan ion agresif H⁺ sehingga laju korosinya akan lebih rendah dibandingkan dengan tanpa penambahan NaCl 0,2 N. [41].

Penelitian selanjutnya yang menggunakan ekstrak kulit buah rambutan juga dilakukan oleh Norzila et al, 2014 [7]. Norzila menyelidiki kemampuan inhibisi korosi logam Aluminium dalam larutan HCl 0,1M menggunakan ekstrak kulit buah *Nephelium Lappaceum*. Tujuan penelitiannya yaitu untuk mengetahui kemampuan ekstrak kulit buah rambutan ini sebagai bahan anti korosif. Metoda yang digunakan yaitu penentuan inhibisi korosi kali ini menggunakan metode gravimetri dan termometri. Hasil penelitian penunjukan bahwa nilai efisiensi inhibisi (%IE) sebanding dengan penambahan konsentrasi inhibitor dan berbanding terbalik dengan perubahan suhu. Kenaikan suhu akan menurunkan

efisiensi inhibisi dan secara signifikan menyebabkan peningkatan laju korosi. Penurunan Efisiensi inhibisi tersebut disebabkan oleh meningkatnya energi kinetik rata-rata komponen ekstrak [7].

Hal tersebut mengakibatkan adsorpsi antara komponen ekstrak dan permukaan aluminium tidak cukup untuk mempertahankan spesies di tempat pengikatan dan dapat menyebabkan desorpsi atau menyebabkan spesies terpendam dari permukaan aluminium [42]. Oleh karena itu, suhu akan mempengaruhi stabilitas permukaan aluminium. Mekanisme penghambatan yang terjadi adalah proses adsorpsi inhibitor pada permukaan aluminium yang diduga didahului oleh proses adsorpsi fisik. Studi SEM (*Scanning Electron Molekuler*) juga menunjukkan adsorpsi molekul inhibitor yang diekstraksi ke permukaan aluminium. Dari hasil observasi yang diperoleh diketahui bahwa Ekstrak kulit *nephelium lappaceum* merupakan inhibitor korosi alternatif alami (green inhibitor korosi) yang baik digunakan untuk mencegah korosi pada permukaan logam.

Penelitian yang sama juga telah dilakukan oleh Yopi, et al, 2021, menggunakan ekstrak daun rambutan. Logam yang digunakan yaitu plat besi (*Steel*) dalam media air laut. Yopi et al, 2021 melaporkan bahwa untuk mengurangi laju korosi dapat dilakukan dengan menambahkan inhibitor alami yang salah satunya adalah daun rambutan yang mengandung senyawa tanin. Sehingga dapat membentuk senyawa kompleks dengan Fe (III) di permukaan logam, yang mengakibatkan terjadinya penurunan laju reaksi korosi. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode perendaman. Media korosif untuk perendaman yang digunakan yaitu air laut yang telah ditambahkan inhibitor. Inhibitor berupa senyawa organik dari ekstrak daun rambutan. Perendaman dilakukan dalam interval waktu (3, 6, 9, 12, dan 15) hari dengan konsentrasi variasi konsentrasi inhibitor masing-masingnya yaitu 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa serangan korosi terjadi secara merata dipermukaan logam, Besarnya laju korosi dinyatakan sebagai besarnya kehilangan berat benda uji per satuan luas permukaan per satuan waktu perendaman. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa laju korosi plat besi dalam lingkungan air laut menurun secara signifikan dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun rambutan dan waktu perendaman. Penurunan laju korosi ini akibat pembentukan lapisan tipis dipermukaan plat besi, sehingga menghambat kontak langsung antara plat besi dan lingkungannya. Efisiensi inhibisi tertinggi diperoleh pada perendaman selama 15 hari dengan konsentrasi 150 ppm yaitu sebanyak 96%. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa sangat tinggi potensi daun rambutan sebagai inhibitor korosi karena efisiensi inhibisi yang diperoleh yaitu 96% [9].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa limbah kulit buah rambutan yang cukup besar dapat diolah menjadi produk baru yang memiliki nilai ekonomis dan dapat mengurangi biaya pengolahan limbah tersebut. Dari banyak penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kulit buah rambutan mengandung senyawa bioaktif fenolik dalam jumlah yang cukup besar. Turunan senyawa fenolik dan flavonoid yang terdapat dalam kulit buah rambutan dapat dimanfaatkan secara efektif sebagai sumber *nutraceutical*, obat dan inhibitor korosi yang ramah lingkungan. Inhibitor korosi dari ekstrak kulit buah rambutan dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada berbagai media asam. Akan tetapi perlu dilakukan riset lebih lanjut untuk mengetahui senyawa bioaktif mana yang berperan penting sebagai inhibitor korosi pada kulit buah rambutan. Mengingat banyaknya jenis senyawa fenolik yang terdapat pada ekstrak kulit buah rambutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. O. Rizka and N. M. Saptarini, "Artikel Ulasan: Pemanfaatan Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn) Sebagai Sediaan Fungsional," *Farmaka*, vol. 16, no. 2, pp. 78–83, 2018.
- [2] Mistriyani, S. Riyanto, A. Windarsih, and A. Rohman, "Antioxidant activities and identification of an active compound from rambutan (*nephelium lappaceum* L.) peel," *Indones. J. Chem.*, vol. 21, no. 2, pp. 259–267, 2021, doi: 10.22146/ijc.50421.
- [3] J. Yue, J. Xu, J. Cao, X. Zhang, and Y. Zhao, "Jurnal Makanan Fungsional," vol. 37, no. September 2019, pp. 624–631, 2017.
- [4] U. E. K. O. Hernawan and A. D. W. I. Setyawan, "REVIEW : Ellagitannin ; Biosintesis, Isolasi, dan Aktivitas Biologi REVIEW : Ellagitannin ; biosynthesis , isolation , and biological activities," *Biofarmasi 1*, vol. 1, no. 1, pp. 25–38, 2003.
- [5] N. Thitilertdech, A. Teerawutgulrag, J. D. Kilburn, and N. Rakariyatham, "Identification of major phenolic compounds from *Nephelium lappaceum* L. and their antioxidant activities," *Molecules*, vol. 15, no. 3, pp. 1453–1465, 2010, doi: 10.3390/molecules15031453.
- [6] B. N. Nurdin, Y. Stiadi, and Emriadi, "Inhibisi Korosi Baja oleh Ekstrak Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn) dalam Medium Asam Sulfat," *Kim. Unand*, vol. 2, no. 2, pp. 133–143, 2013.
- [7] M. Norzila, M. I. Nur Akidah Honey, and J. Nursyafinaz, "Corrosion inhibition of aluminum in 0.1M HCL by *nephelium lappaceum* (rambutan) peel extract," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 661, pp. 14–20, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.661.14.

- [8] R. Andira, Z. Zulnazri, S. Bahri, A. Azhari, and A. Muarif, "Pemanfaatan Ekstrak Daun Rambutan Sebagai Inhibitor Korosi Pada Plat Besi Dalam Media Air Payau," *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 2, no. 3, p. 11, 2022, doi: 10.29103/cejs.v2i3.6507.
- [9] Y. A. Akbar, I. Ishak, Z. Zulnazri, R. Dewi, and R. Nurlaila, "PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA PLAT BESI (STEEL) DALAM MEDIA AIR LAUT," *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 1, no. 3, p. 94, 2021, doi: 10.29103/cejs.v1i3.5702.
- [10] M. S. Bukhori and I. Widiastuti, "the Effect of Inhibitor Level of Rambutan Rind Extract and Hcl Solvent Concentration on the Corrosion Rate of St 37 Steel," vol. 3, no. 2, pp. 67–70, 2020.
- [11] M. Salafudin Bukhori and I. Widiastuti, "Pengaruh Kadar Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Rambutan Dan Konsentrasi Larutan Hcl Terhadap Laju Korosi Baja St 37," *NOZEL J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 4, pp. 312–323, 2020.
- [12] K. Efil and Y. Bekdemir, "Theoretical Study on Corrosion Inhibitory Action of Some Aromatic Imines with Sulphanilic Acid: A DFT Study," *Can. Chem. Trans.*, no. March, pp. 85–93, 2015, doi: 10.13179/canchemtrans.2015.03.01.0165.
- [13] D. E. Arthur and A. Uzairu, "Computational Adsorption and Dft Studies On the Corrosion," *Alger. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 559–568, 2017.
- [14] L. H. Madkour and S. K. Elroby, "Aminic nitrogen- bearing polydentate Schiff base compounds as corrosion inhibitors for iron in acidic and alkaline media: A combined experimental and DFT studies," *J. Corros. Sci. Eng.*, vol. 17, no. October, 2014.
- [15] P. Udhayakala, T. V. Rajendiran, and S. Gunasekaran, "Theoretical approach to the corrosion inhibition efficiency of some pyrimidine derivatives using DFT method," *J. Comput. Methods Mol. Des.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–15, 2012, [Online]. Available: <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html%0Awww.scholarsresearchlibrary.com>
- [16] U. Issara, W. Zzaman, and T. A. Yang, "Rambutan seed fat as a potential source of cocoa butter substitute in confectionary product," *Int. Food Res. J.*, vol. 21, no. 1, pp. 25–31, 2014.
- [17] "View of Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Buah Pepaya Carica papaya L."
- [18] Z. Zulhipri, Y. Boer, and R. P. Dyaningtyas, "KANDUNGAN FITOKIMIA dan UJI AKTIFITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK METANOL KULIT RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum* L) VARIETAS BINJAI DAN LEBAK BULUS," *JRSKT J. Ris. Sains dan Kim. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 156–161, 2012, doi: 10.21009/jrskt.022.01.
- [19] R. Alina, S. N. Hidayati, D. A. Antares, F. S. Fuadah, and R. Wijayanti, "Uji Aktivitas Antibakteri Fraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *E. coli* Penyebab Diare," *Media Farm. Indones.*, vol. 12, no. 2, pp. 1210–1217, 2017.
- [20] niche dirmawati suparmi, hadi anshory, "View of UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum*, L.) DENGAN METODE LINOLEAT-TIOSIANAT.pdf."
- [21] I. M. D. Swantara, R. F. Rachman, and N. M. Puspawati, "lainnya . Analisis kandungan fenolik total dilakukan secara spektrofotometri meng-," pp. 107–112, 2017.
- [22] J. T. Johnson, K. I. Abam, M. O. Odey, V. U. Inekwe, K. Dasofunjo, and G. M. Inah, "Vitamins Composition of Pulp , Seed and Rind of Fresh and Dry Rambutan *Nephelium Lappaceum* and Squash Cucurbita pepo ' L," *Int. J. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 71–76, 2013.
- [23] N. Balasundram, K. Sundram, and S. Samman, "Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses," *Food Chem.*, vol. 99, no. 1, pp. 191–203, 2006, doi: 10.1016/j.foodchem.2005.07.042.
- [24] Ga. j A, "View of Extraction of Antioxidant Compounds from Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) Peel as Agricultural Waste in Taiwan.pdf."
- [25] Mistriyani, S. Riyanto, and A. Rohman, "Antioxidant activities of rambutan (*Nephelium lappaceum* L) peel in vitro," *Food Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 119–123, 2018, doi: 10.26656/fr.2017.2(1).150.
- [26] K. Rakariyatham, D. Zhou, N. Rakariyatham, and F. Shahidi, "Sapindaceae (*Dimocarpus longan* and *Nephelium lappaceum*) seed and peel by-products: Potential sources for phenolic compounds and use as functional ingredients in food and health applications," *J. Funct. Foods*, vol. 67, no. February, 2020, doi: 10.1016/j.jff.2020.103846.
- [27] C. Hernández *et al.*, "Polyphenolic content, in vitro antioxidant activity and chemical composition of extract from *Nephelium lappaceum* L. (Mexican rambutan) husk," *Asian Pac. J. Trop. Med.*, vol. 10, no. 12, pp. 1201–1205, 2017, doi: 10.1016/j.apjtm.2017.10.030.
- [28] Muhtadi, Haryoto, T. A. Sujono, A. Suhendi, and K. H. Yen, "Antioxidant activity and chemical constituents of some indonesian fruit peels," *Med. Plants*, vol. 6, no. 1, pp. 43–46, 2014, doi: 10.5958/j.0975-6892.6.1.006.
- [29] L. Sun, H. Zhang, and Y. Zhuang, "Preparation of Free, Soluble Conjugate, and Insoluble-Bound Phenolic Compounds from Peels of Rambutan (*Nephelium lappaceum*) and Evaluation of Antioxidant Activities in vitro," *J. Food Sci.*, vol. 77, no. 2, pp. 198–204, 2012, doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02548.x.
- [30] N. Rangkadilok, L. Worasuttayangkurn, R. N. Bennett, and J. Satayavivad, "Identification and quantification of polyphenolic compounds in longan (*Euphoria longana* Lam.) fruit," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 53, no. 5, pp. 1387–1392, 2005, doi: 10.1021/jf0403484.
- [31] L. Samuagam, C. M. Sia, G. A. Akowuah, P. N. Okechukwu, and H. S. Yim, "In vivo antioxidant potentials of rambutan, mangosteen, and langsung peel extracts and effects on liver enzymes in experimental rats," *Food Sci. Biotechnol.*, vol. 24, no. 1, pp. 191–198, 2015, doi: 10.1007/s10068-015-0026-y.
- [32] H. Hajimehdipoor, L. Ara, H. Moazzeni, and S. Esmacili, "Evaluating the antioxidant and acetylcholinesterase inhibitory activities of some plants from Kohgiluyeh va Boyerahmad province, Iran," *Res. J. Pharmacogn.*, vol. 3, no. 4, pp. 1–7, 2016, [Online]. Available: http://www.rjpharmacognosy.ir/article_33321.html



- [33] T. NoorR, "Pengaruh Penambahan Ekstrak Kulit Buah Jeruk dan Kulit Buah Mangga Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Karbon Dalam Media NaCl 3,5%," *Indones. J. Mater. Sci.*, vol. 17, no. 1, pp. 29–33, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/4199/3673>
- [34] N. J. 1 and G. YULI YETRI 1,3,*, EMRIADI 1, "Ournal of," vol. 27, no. 3, pp. 875–881, 2015.
- [35] C. Verma *et al.*, "PT," 2018.
- [36] Emriadi, V. Yulistia, and H. Aziz, "Corrosion Inhibition of mild steel in hidrochloric acid solution by Gnetum gnemon. L peel extract as green inhibitor," *Der Pharma Chem.*, vol. 10, no. 10, pp. 79–85, 2018.
- [37] D. R. Gusti, Emriadi, A. Alif, and M. Efdi, "Surface characteristics on mild steel using aqueous extract of cassava (*Manihot esculenta*) leaves as a corrosion inhibitor," *Der Pharma Chem.*, vol. 8, no. 17, pp. 113–118, 2016.
- [38] Emriadi, A. Santoni, and Y. Stiadi, "Adsorptive and thermodynamic properties of methanol extract of *Toona sinensis* leaves for the corrosion of mild steel in HCl medium," *Der Pharma Chem.*, vol. 8, no. 18, pp. 266–273, 2016.
- [39] G. Gece and S. Bilgiç, "A theoretical study on the inhibition efficiencies of some amino acids as corrosion inhibitors of nickel," *Corros. Sci.*, vol. 52, no. 10, pp. 3435–3443, 2010, doi: 10.1016/j.corsci.2010.06.015.
- [40] V. Udowo, "Computational Studies of the Corrosion Inhibition Potentials of Quercetin and Coumarin," *Arch. Org. Inorg. Chem. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 168–171, 2018, doi: 10.32474/aoics.2018.02.000133.
- [41] O. K. Abiola, N. C. Oforka, E. E. Ebenso, and N. M. Nwinuka, "Eco-friendly corrosion inhibitors: The inhibitive action of *Delonix Regia* extract for the corrosion of aluminium in acidic media," *Anti-Corrosion Methods Mater.*, vol. 54, no. 4, pp. 219–224, 2007, doi: 10.1108/00035590710762357.
- [42] A. K. O. K. O., A. O., A. C.O., A. E.A., A. A.A., and S. F.E., "Adsorption Properties of *Azadirachta indica* Extract on Corrosion of Aluminium in 1.85 M Hydrochloric Acid," *J. Adv. Res. Appl. Sci. (ISSN 2208-2352)*, vol. 2, no. 2, pp. 43–52, 2015, doi: 10.53555/nnas.v2i2.687.
- [43] Dalimartha, S. (2005). *Tanaman Obat di Lingkungan Sekitar*. Jakarta: Penerbit Puspa Swara.
- [44] Cronquist, A., 1981, *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*, New York, Columbia University Press, 477.