

Performansi *Green Inhibitor* Berbasis Ekstrak Propolis *Kele-Kele* Terhadap Laju Korosi Sambungan Las Pipa Sch 40 Pada Medium Korosif NaCl 3.5%

I Made Suastika Jaya, I Nyoman Budiarsa, Dewa Ngakan Ketut Putra Negara¹⁾
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Korosi merupakan kondisi dimana suatu logam mengalami penurunan mutu yang diakibatkan oleh reaksi elektrokimia terhadap lingkungannya. Upaya pengendalian dan perawatan berkala merupakan faktor penting dalam pencegahan korosi. Terdapat berbagai macam cara pengendalian korosi dan salah satunya penggunaan inhibitor korosi berbasis bahan alami. Bahan alami dipilih karena bersifat ramah terhadap lingkungan, mudah didapatkan, dan biaya yang relatif murah. Didalam propolis *Trigona Sp.* Terdapat senyawa antioksidan yang meliputi senyawa fenol dan flavonoid. Propolis yang bersifat ramah terhadap lingkungan dapat digunakan sebagai inhibitor korosi berbasis bahan alami dalam upaya pengendalian korosi pada sambungan las pipa Sch 40 pada lingkungan korosif NaCl 3,5 %. Dalam penelitian kali ini memakai teori kehilangan berat sesuai dengan pedoman ASTM G31 – 72, dengan variasi penambahan inhibitor sebanyak 0, 4, 6, 8 ml dengan waktu perendaman selama 336 jam. Kemudian dilakukan pengamatan morfologi permukaan terkorosi dengan foto struktur mikro, pengujian FTIR untuk mengetahui kandungan yang terdapat didalam propolis. Hasil yang didapat nilai laju korosi menurun pada variasi inhibito sebanyak 4 ml senilai 1,374 mpy, pada penambahan inhibitor 6 ml menjadi 1,148 mpy dan puncaknya terdapat pada variasi inhibitor sebanyak 8 ml dengan nilai laju korosi sebesar 0,903 mpy dan efisiensi inhibitor terdapat pada penambahan inhibitor 8 ml dengan efisiensi sebesar 84%. Hal ini menunjukkan inhibitor ekstrak propolis *Trigona Sp.* (*kele -kele Bali*) layak disebut *Green Inhibitor*.

Kata Kunci : Pipa Sch 40; Propolis; *Trigona Sp.*; Inhibitor organik; Metode kehilangan berat; NaCl 3,5 %

Abstract

Corrosion is a condition in which a metal experiences a decrease in quality caused by an electrochemical reaction to its environment. Efforts to control and periodic maintenance is an important factor in the prevention of corrosion. There are various ways of controlling corrosion and one of them is the use of corrosion inhibitors based on natural materials. Natural materials were chosen because they are friendly to the environment, easy to obtain, and relatively inexpensive. In the propolis *Trigona Sp.* There are antioxidant compounds which include phenolic compounds and flavonoids. Propolis which is friendly to the environment can be used as a corrosion inhibitor based on natural materials in an effort to control corrosion in welding joints of Sch 40 pipes in a corrosive environment of 3.5% NaCl. In this study, the theory of weight loss was used according to ASTM G31 – 72 guidelines, with variations in the addition of 0, 4, 6, 8 ml of inhibitor with a soaking time of 336 hours. Then observed the corroded surface morphology with microstructure photos, FTIR testing to determine the content contained in propolis. The results obtained showed that the corrosion rate decreased in the 4 ml inhibito variation with a value of 1.374 mpy, with the addition of 6 ml inhibitor it became 1.148 mpy and the peak was in the 8 ml inhibitor variation with a corrosion rate value of 0.903 mpy and the efficiency of the inhibitor was found in the addition of 8 ml inhibitor with an efficiency of 84%. This shows the propolis extract inhibitor *Trigona Sp.* (*Balinese kele-kele*) deserves to be called *Green Inhibitor*.

Keywords: Sch 40 pipe; Propolis; *Trigona Sp.*; Organic inhibitors; Weight loss method; NaCl 3,5%

1. Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan salah satu negara dimana dua per tiga luas wilayahnya terdiri dari bentang lautan. Indonesia masuk dalam kategori negara beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi, sehingga dalam kondisi lingkungan seperti ini menyebabkan tingkat korosifitas semakin meningkat. Karena pada dasarnya korosi merupakan kerusakan akibat dari reaksi kimia antara logam atau paduan logam dengan lingkungannya [1].

Penggunaan material berjenis baja karbon pada era saat ini sudah banyak di aplikasikan pada dunia industri umumnya digunakan sebagai material pembuatan tangki, sistem saluran perpipaan, dan struktur lainnya yang penyimpanannya tertanam di bawah permukaan

tanah ataupun di dasar laut. Pada dunia industri, terjadinya korosi disebabkan peralatan yang terbuat dari baja karbon dimana sebagian besar akan mengalami kontak langsung dengan lingkungan atau kondisi lainnya. Korosi menjadi salah satu masalah pada dunia industri karena korosi menyebabkan beberapa kerugian baik secara material maupun finansial, Adapun beberapa contoh kerugian yang di akibatkan seperti pengurangan efisiensi kinerja alat, kerusakan pada instalasi alat atau produk, dan biaya perawatan yang tinggi. Korosi sulit dihindari, akan tetapi korosi dapat dikendalikan dengan penggunaan inhibitor laju korosi dapat dihambat. Inhibitor korosi merupakan zat kimia yang jika di tambahkan dalam medium korosif, dapat menyebabkan penurunan laju korosi pada suatu material logam

[2]. Material baja karbon rendah yang banyak digunakan salah satunya yaitu pipa Sch 40. Industri manufaktur atau pabrik - pabrik menggunakan pipa Sch 40 untuk mengalirkan berbagai macam fluida. Seperti cairan bahan bakar, cairan produk atau bahan produksi, menyalurkan air bersih, dan sebagainya.

Pipa Sch 40 merupakan sebuah pipa yang sudah menempuh proses percobaan pengetesan dengan tekanan air, aman sampai pada tekanan 40 kg/cm². Pengertian pipa *Schedule* (Sch) 40 secara utuh, dapat didefinisikan sebagai pipa dengan kekuatan pengetesan sampai pada tekanan maksimum 40 kg/cm². Pipa akan ditunjukkan oleh pabrik pembuat dengan sertifikat yang telah di disetujui oleh badan sertifikasi [3]. Dalam pengaplikasian pipa pada lingkungan industri tidak terlepas dari proses penyambungan (*joint*), salah satu metode penyambungan yang umum digunakan yaitu sambungan las listrik (SMAW) dengan parameter dan standar yang telah ditetapkan sehingga diharapkan instalasi perpipaan (*piping*) dalam dunia industri menghasilkan inovasi terbaru khususnya dalam hal penanganan korosi pada pipa dan sejenisnya.

Cara untuk mengurangi dan menghambat laju korosi diantaranya dengan penggunaan zat inhibitor. Inhibitor organik dari ekstrak bahan alami menjadi suatu solusi, dikarenakan terbukti aman penggunaannya, mudah untuk didapatkan, biaya lebih murah, dan ramah terhadap lingkungan, serta bersifat *biodegradable*. Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang didalamnya mengandung atom O,S, P, dan N serta atom – atom lainnya yang mempunyai pasangan elektron bebas sehingga dapat berguna sebagai ligan yang dapat membentuk suatu senyawa kompleks dengan suatu logam.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kandungan atau komposisi kimia didalam ekstrak propolis *Kele – kele*, dan pengaruh penambahan inhibitor sebanyak 4, 6, dan 8 ml pada medium korosif NaCl 3,5 % terhadap laju korosi sambungan las pipa Sch 40 dan melihat morfologi permukaan logam yang terkorosi.

2. Dasar Teori

2.1 Prinsip Dasar Korosi

Korosi adalah suatu kondisi dimana terjadi degradasi material logam dan paduannya sebagai efek reaksi elektrokimia material tersebut terhadap lingkungannya (Trethewey, K R, and Chamberlain, 1995) [4]. Lingkungan yang berkaitan dengan korosi tersebut dapat berbentuk cair, padat, gas dan sebagainya [5].

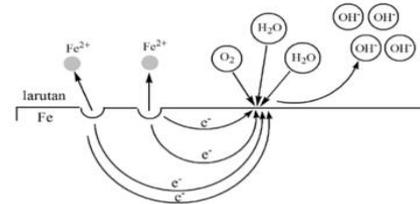
2.2 Faktor Penyebab Terjadinya Korosi

Korosi pada logam dan paduannya terjadi akibat dengan adanya beberapa faktor yang

mempengaruhi logam dan paduannya, faktor tersebut antara lain :

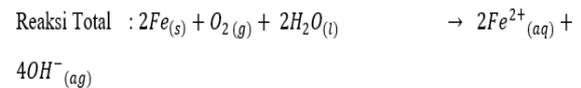
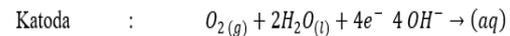
1. Faktor Elektrokimia

Terjadinya korosi melibatkan reaksi kimia dan elektrokimia. Reaksi ini memiliki hubungan dengan perpindahan elektron yang terjadi pada logam dan paduannya. Elektron yang bermuatan negatif akan berpindah yang menyebabkan terjadinya perpindahan arus listrik. Hal ini disebabkan oleh potensial listrik.



Gambar 1. Reaksi Elektrokimia pada Besi

Reaksi elektrokimia yang terjadi pada besi dalam proses korosi :



2. Faktor Lingkungan

Faktor perubahan lingkungan juga merupakan salah satu faktor terjadinya korosi. Pengaruh lingkungan terhadap laju korosi antara lain [5] : Pengaruh oksigen, pengaruh kecepatan, pengaruh temperatur, dan pengaruh konsentrasi lingkungan.

3. Faktor Metalurgi

Faktor metalurgi menjadi salah satu faktor bawaan dari material ini. Faktor metalurgi dapat menentukan sebuah logam menjadi tahan korosi, kecepatan proses korosi yang mungkin terjadi dalam suatu kondisi, jenis korosi yang paling mudah terjadi pada logam, serta lingkungannya yang menyebabkan korosi terjadi terhadap logam.

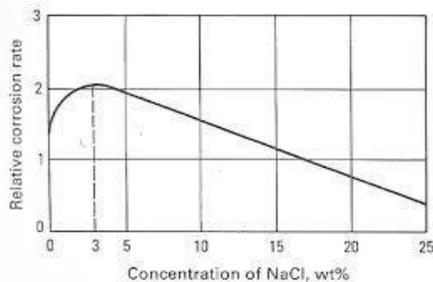
Tabel 1. Seri Galvanik Logam dan Beberapa Paduannya

Katodic ↑	Platina
	Emas
	Titanium
	Perak
	Perunggu
	Tembaga

<p>↓</p> <p>Anodic</p>	Kuningan
	Timah
	Besi tuang
	Baja atau besi
	Aluminium 2024
	Kadmium
	Aluminium murni komersial (1100)
	Magnesium dan paduannya

2.3 Pengaruh Konsentrasi NaCl 3,5%

Garam dapur yang mempunyai nama kimia Natrium Klorida adalah senyawa kimia dengan rumus molekulnya yaitu NaCl. Adanya elektrolit garam NaCl dapat dijadikan medium korosif yang dapat mempercepat proses terjadi korosi. Ion – ion elektrolit akan membantu menghantarkan electron – electron bebas yang lepas dari reaksi reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap Laju Korosi

Kadar atau nilai konsentrasi NaCl yang semakin tinggi didalam sebuah larutan dapat menyebabkan semakin besar pula konduktivitas larutan tersebut. Hal ini dapat mempercepat laju korosi pada logam. Namun jika konsentrasi terlalu pekat akan menyebabkan kelarutan agen pereduksi menurun sehingga terjadi penurunan laju korosi. Hal ini terjadi oleh karena tingkat kejenuhan dari pada larutan NaCl tersebut, sehingga dapat membentuk sejenis endapan yang tidak dapat bereaksi dan akhirnya mengurangi agen pereduksi di dalam larutan tersebut.

2.4 Pengendalian Korosi

Prinsip utama teoritis mengenai terjadinya proses korosi dapat menjelaskan dari pada mekanisme terjadinya suatu korosi, serta dapat dilakukan beberapa upaya pengendalian dan pencegahan terjadinya korosi. Salah satu yang menjadi cara pencegahan korosi yaitu dengan penggunaan inhibitor. Inhibitor merupakan suatu zat kimia yang dapat memperlambat reaksi kimia, Sedangkan pengertian dari inhibitor korosi yaitu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam lingkungan,

dapat menurunkan laju korosi lingkungannya terhadap suatu material logam.

2.5 Inhibitor Organik

Inhibitor organik dapat dipakai sebagai inhibitor korosi dikarenakan struktur heteroatom yang dimilikinya seperti sulfur, nitrogen, dan oksigen. Beberapa kelompok fungsi ditampilkan dalam Tabel 2.3. Gugus fungsi ini menunjukkan senyawa yang melekat pada rantai utama sehingga meningkatkan kemampuan molekul inhibitor untuk melindungi luas permukaan.

Tabel 2. Beberapa gugus fungsi dalam inhibitor organik [5].

Struktur	Nama	Struktur	Nama
-OH	hydroxyl	-CONH2	amide
-C≡C-	yne	-SH	thiol
-C-O-C-	epoxy	-S-	sulfide
-COOH	carboxy	-S=O	sulfoside
-C-N-C-	amine	-C=S-	thio
-NH2	amino	-P=O-	phosphonium
-NH	imino	-P-	phospo
-NO2	nitro	-As-	arsano
-N=N-N-	triazole	-Se-	seleno

Salah satu sifat dari inhibitor organik yaitu ramah lingkungan, dimana bahan yang digunakan banyak tersedia di alam dan sumber terbarukan. Penggunaan inhibitor organik sintetik telah beralih menjadi senyawa organik ramah lingkungan. Hal ini dapat memicu munculnya bahan dasar inhibitor organik dari bahan alam. Bahan yang sering digunakan pada inhibitor organik yaitu bagian dari tumbuhan seperti ekstrak dari biji, buah, daun, maupun batang. Selain itu juga dapat dari ekstrak bunga sansievera, merica hitam, madu, maupun propolis lebah [6].

2.6 Lebah *Trigona Sp.* (Kele – kele Bali)

Lebah *Trigona Sp.* (*Apidae*) merupakan jenis lebah yang tidak menyengat (*stingless bee*), namun dapat menggunakan gigitannya dan kerumunan sebagai upaya untuk pertahanan jika dalam keadaan bahaya. Beberapa jenis lebah *Trigona Sp.* hidup dalam koloni atau sosial. Biasanya didalam sarangnya terdapat lebah ratu, lebah pekerja, telur kantong madu, serta propolis. Di Bali, khususnya daerah Badung, Tabanan, Klungkung, dan Karangasem beberapa masyarakatnya sudah mulai melakukan budidaya lebah jenis *Trigona Sp.* (*Kele – Kele Bali*) dengan cara dibuatkan kotak – kotak kecil dan ditempatkan di areal kebun dan pekarangan rumah. Adapun upaya pemenuhan suplai makanan dibuatkan vegetasi buatan seperti penanaman bunga air terjun pengantin, dan bunga santos lemon sebagai pakan favorit dari Lebah *Trigona sp.*

Produksi madu *Kele - kele* sangat bergantung pada besarnya koloni mereka. Produksi madu maupun produksi lainnya yang tergantung pada

jumlah lebah pekerja yang bertugas mencari pakan menjadi pengaruh dari besarnya koloni mereka. Propolis merupakan lapisan tipis berwarna coklat yang dapat menyelimuti kantung madu dan kantung *bee pollen*. Propolis ini menjadi lem lebah yang digunakan sebagai pertahanan diri untuk melindungi diri dari serangan predator. Oleh karena itu, propolis akan diproduksi lebih banyak daripada madu. Propolis dapat dipengaruhi oleh jenis, umur tumbuhan, serta asal propolis. Komposisi dari propolis meliputi: resin dan balsam $\pm 50\%$, lilin (wax) $\pm 10\%$, pollen $\pm 5\%$, senyawa organik, dan mineral $\pm 5\%$ [7].

2.7 Pengelasan SMAW

Proses pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) yang sering disebut dengan Las Busur Listrik merupakan sebuah proses pengelasan yang menggunakan panas. Panas yang digunakan tersebut berfungsi sebagai pencair logam induk dan bahan pengisi (elektroda), panas yang dihasilkan dari loncatan ion listrik yang terjadi diantara anoda dan katoda. Besarnya tingkat panas yang dihasilkan dari loncatan ion listrik tersebut kisaran 4000° sampai dengan 4500° Celcius.

Terdiri dua macam tegangan yang digunakan dalam proses pengelasan ini diantaranya arus AC (bolak – balik) dan arus DC (searah). Pengelasan terjadi karena proses kontak diantara ujung dari elektroda las dan logam induk, sehingga menimbulkan hubungan arus pendek, dalam momen ini ahli las (*welder*) melakukan penarikan elektroda sesuai jalur las yang diinginkan maka terbentuklah busur listrik yang menimbulkan efek panas. Panas inilah yang akan mencairkan elektroda las dan logam induk, maka akan mengakibatkan cairan dari elektroda dan cairan dari logam induk akan menyatu dan membentuk logam hasil lasan (*weld metal*)

3. Metode Penelitian

3.1 Bahan Penelitian

- Propolis lebah *Trigona Sp.* (Kele – kele Bali)
- Pipa Sch 40 *seamless* diameter $\frac{3}{4}$ inch
- NaCl 3,5%
- Aquades

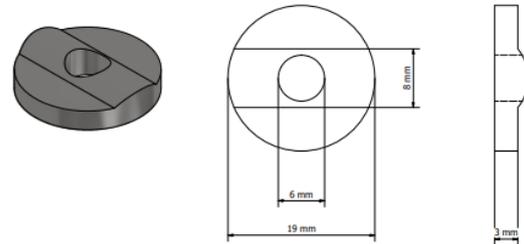
3.2 Preparasi Sampel Uji

- Ekstraksi Inhibitor Korosi
Propolis diekstrak menggunakan metode maserasi yang dicampur dengan campuran etanol 70%, kemudian dilakukan proses evaporasi (*rotary evaporator*) untuk mendapatkan ekstrak propolis yang pekat.
- Pengelasan pipa
Pipa Sch 40 di las menggunakan las SMAW dengan posisi pengelasan 1G (pipa berputar terhadap sumbu horizontal),

arus elektroda sebesar 144 A, dan elektroda yang digunakan tipe E6013 diameter 3,2 mm.

- Pengeboran hasil pengelasan pipa

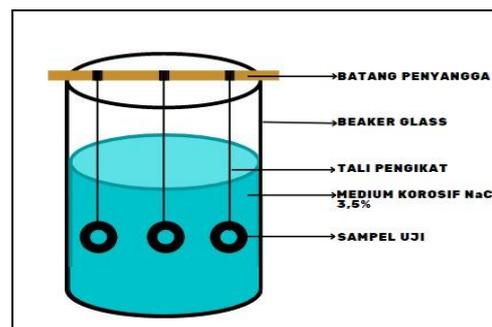
Bagian sambungan las pipa kemudian di bor menggunakan mata bor *Holesaw* berdiameter 19 mm. Kemudian sampel di bersihkan dan dihaluskan, sampel siap untuk dilakukan pengujian.



Gambar 3. Dimensi Sampel Uji

- Pembuatan medium korosif NaCl 3,5%

Media korosif dalam penelitian ini adalah NaCl dengan kadar 3,5%. Adapun cara pembuatannya dengan melarutkan NaCl sebanyak 35 gram dengan aquades sebanyak 1 liter, sehingga dapat disebut kadar NaCl dalam larutan sebesar 3,5%. Selanjutnya dilakukan perendaman sampel uji kedalam larutan korosif dengan variasi penambahan inhibitor sebanyak 4, 6, dan 8 ml.



Gambar 4. Proses perendaman sampel uji dalam medium korosif NaCl 3.5%

3.3 Pengujian (*Fourier Transform Infrared*) FTIR

Pengujian FTIR untuk memperoleh informasi profil komposisi kimia dilakukan pada sampel propolis. FTIR dapat mengukur vibrasi dari ikatan antara gugus fungsi, sehingga menghasilkan spektrum yang dianggap sebagai sidik jari metabolik (*metabolic fingerprint*). Data spektrum FTIR yang digunakan berada pada kisaran bilangan gelombang 3996.21 sampai dengan 399.24 cm^{-1} . Uji FTIR dilakukan di Laboratorium Penelitian Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana dengan menggunakan alat uji FTIR IRPrestige-21 SHIMADZU.

3.4 Pengujian Korosi

Metode *weight losses* atau kehilangan berat merupakan salah satu cara untuk mendapatkan nilai laju korosi. Nilai berat sampel yang berkurang setelah pengujian perendaman berlangsung sesuai dengan standar pengujian korosi ASTM G31-72, laju korosi dapat dihitung menggunakan rumus :

1. Pengurangan berat

Pengurangan berat pada sampel uji dihitung dengan menghitung berat awal sampel sebelum perendaman dan berat akhir setelah perendaman, dengan persamaan :

$$\Delta W = W_0 - W_1$$

Dimana:

ΔW = Pengurangan Berat

W_0 = Berat Awal Sampel (g)

W_1 = Berat Akhir Sampel (g)

2. Laju Korosi (*mpy*)

Laju korosi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$CR = \frac{KW}{AT\rho}$$

Dimana :

CR = Laju Korosi / *Corrosion Rate* (*mpy*)

W = Kehilangan berat / *Weight loss* (g)

K = Konstanta ($3,45 \times 10^6$)

ρ = Densitas spesimen (g/cm^3)

A = Luas permukaan / *Surface area* (cm^2)

T = Waktu / *Exposure Time* (jam)

3. Efisiensi Inhibitor (%)

$$\eta = \frac{CR_x - CR_y}{CR_x} \times 100\%$$

Dimana :

η = Efisiensi Inhibitor (%)

CR_x = Laju Korosi (*Corrosion Rate*) tanpa inhibitor (*mpy*)

CR_y = Laju Korosi (*Corrosion Rate*) dengan inhibitor (*mpy*)

3.5 Foto Mikro

Pengamatan foto mikro dilakukan untuk mengetahui kondisi dari material uji. Pengamatan yang dilakukan biasanya melibatkan batas butir dari fasa-fasa yang ada dalam suatu bahan atau material tersebut. Perbesaran yang digunakan adalah 5x. Uji foto mikro dilakukan di Laboratorium Metalurgi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana dengan menggunakan alat uji microscope Nikon LV 150NL.

3.6 Variabel Penelitian

a. Variabel bebas

Variasi penambahan inhibitor ekstrak propolis *Trigona Sp. (Kele – kele Bali)* sebanyak 0, 4, 6, dan 8 ml ke dalam medium korosif NaCl 3,5% dengan waktu perendaman 336 Jam.

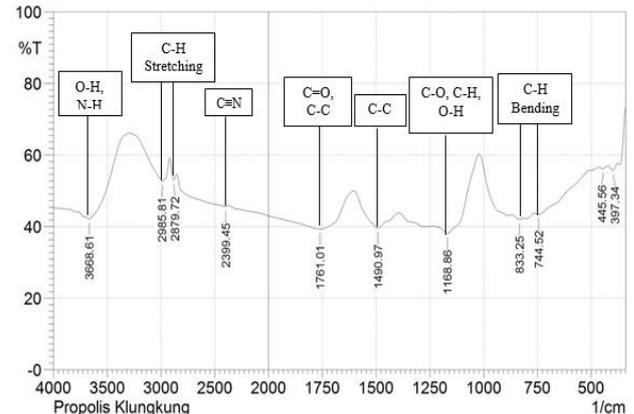
b. Variabel terikat

Senyawa kimia *Green Inhibitor*, nilai laju korosi (*Corrosion Rate*), efisiensi inhibitor, dan morfologi permukaan sampel uji.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Uji *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menganalisis kandungan kimia yang terdapat didalam inhibitor ekstrak propolis *Trigona Sp. (Kele -kele Bali)*. Hasil dari pengujian FTIR didapat data berupa gelombang, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik FTIR Ekstrak Propolis *Trigona Sp. (Kele – kele Bali)*

Dari grafik pada gambar, dapat dianalisis beberapa ikatan senyawa yang terdapat dalam ekstrak propolis sesuai dengan peaknya, dapat dijabarkan sesuai table dibawah ini :

Tabel 3. Analisa Gugus Fungsi Ekstrak Propolis

No	Serapan Peak (cm-1)	Ikatan	Tipe Senyawa
1.	744.52 & 833.25	C-H bending	Alkana
2.	1168.86	C-O, C-H, O-H	Alkohol, Asam Karbosilat, Ester
3.	1490.97	C-C	Aromatik
4.	1761.01	C=O, C-O	Aldehida, Keton
5.	2399.45	C≡N	Nitril
6.	2879.72 & 2985.81	C-H stretching	Alkana
7.	3668.61	OH-, N-H	Alkohol, Fenol (ikatan H), Amina

Dari hasil analisa pada Tabel 3, kandungan senyawa yang terdapat dalam ekstrak propolis berupa fenol. Senyawa fenol mempunyai gugus

hidroksil (OH⁻) yang dapat berfungsi sebagai anti oksidan. Antioksidan menjadi zat penghambat proses reduksi oksigen (oksidasi), sehingga ekstrak propolis *Trigona Sp. (Kele – kele Bali)* dapat dikatakan berpotensi menghambat laju korosi.

4.2 Hasil Pengujian Weight Losses

Berikut merupakan hasil data pengujian pengurangan berat pada sampel sebelum (W_0) dan sesudah (W_1) perendaman dalam medium korosif NaCl 3,5% selama 336 jam.

Tabel 4. Data Pengurangan Berat Sampel Uji

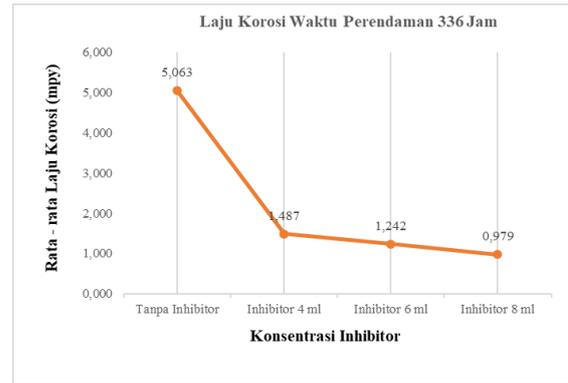
No.	Konsentrasi Inhibitor (ml)	Berat (gr)			Rata-rata ΔW
		W0	W1	ΔW	
1A	Tanpa Inhibitor	6,653	6,568	0,085	0,090
2A		6,570	6,482	0,088	
3A		6,054	5,958	0,096	
1B	Inhibitor 4 ml	6,843	6,817	0,026	0,026
2B		6,419	6,394	0,025	
3B		6,448	6,420	0,028	
1C	Inhibitor 6 ml	6,796	6,773	0,023	0,022
2C		6,388	6,367	0,021	
3C		6,776	6,754	0,022	
1D	Inhibitor 8 ml	6,604	6,588	0,016	0,017
2D		6,617	6,599	0,018	
3D		6,672	6,654	0,018	

Dari Tabel 4 dapat dihitung laju korosi dan efisiensi dari inhibitor, hasil penghitungan laju korosi dan efisiensi inhibitor ditampilkan pada tabel dibawah ini :

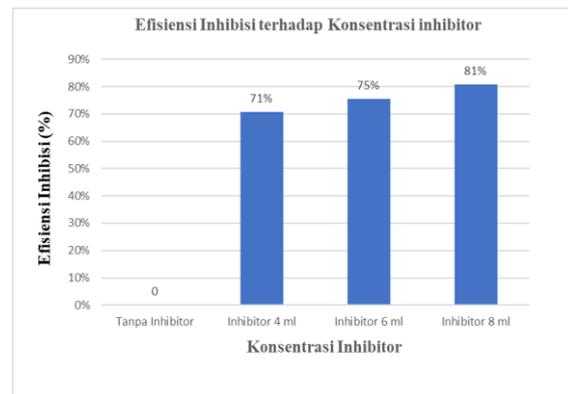
Tabel 5. Nilai laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

No.	Laju Korosi (mpy)	Rata-rata Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
1A	4,799	5,063	-
2A	4,969		
3A	5,421		
1B	1,468	1,487	71%
2B	1,412		
3B	1,581		
1C	1,299	1,242	75%
2C	1,186		
3C	1,242		
1D	0,903	0,979	81%
2D	1,016		
3D	1,016		

Berdasarkan data hasil perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibitor, sehingga didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik Laju Korosi

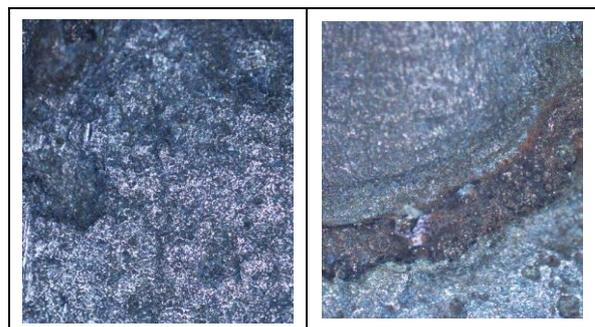


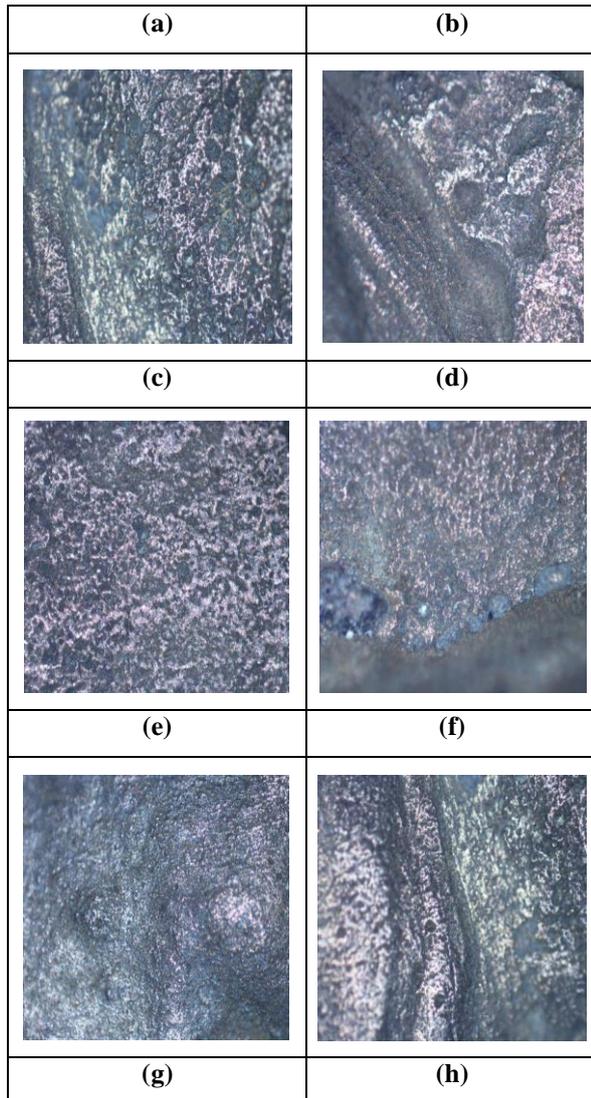
Gambar 7. Grafik Efisiensi Inhibitor

Seperti yang terlihat pada grafik diatas semakin bertambahnya konsentrasi inhibitor yang diberikan pada medium korosif, dapat menghambat laju korosi pada sampel uji, dilihat dari data penghitungan laju korosi diperoleh sebnilai 5,816 mpy untuk sampel uji tanpa pemberian inhibitor, dimana nilai laju korosi tersebut sangat besar dibandingkan dengan penambahan inhibitor organik sebesar 4, 6, dan 8 ml. Selain itu nilai efisiensi inhibitor yang didapat untuk sampel uji dengan pemberian inhibitor sebanyak 8 ml mempunyai tingkat efisiensi tertinggi dibandingkan dengan sampel uji yang di tambahkan inhibitor 4 ml dan 6 ml.

4.3 Hasil Foto Mikro

Untuk mengamati morfologi permukaan sampel uji yang terkorosi digunakan pengamatan foto mikro, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah :





Gambar 8. Hasil Pengamatan Foto Mikro Sampel Uji

Hasil pengamatan struktur mikro pada perbesaran 5x dapat dilihat pada di atas yang merupakan sampel tanpa proteksi inhibitor (a) dan (b), yang menunjukkan adanya cacat berbentuk rongga pada bagian sambungan las SMAW. Porositas di sekitar permukaan antarmuka las disebabkan oleh udara yang terperangkap selama pengelasan material/sampel, yang menyebabkan korosi. Karena merupakan saluran masuk oksigen, ia mengeluarkan elektron Fe ketika oksigen masuk, menyebabkan kekurangan elektron Fe, yang menyebabkan korosi. Gambar (c) dan (d) adalah fotomikrograf sampel dengan penambahan inhibitor sebanyak 4 ml, menunjukkan bahwa produk menunjukkan cacat termasuk kotoran yang terperangkap pada antarmuka las dan porositas udara yang terperangkap dalam bahan las. Beberapa lubang (porositas), tetapi tidak sebanyak pada sampel tanpa inhibitor, karena ditambahkan ekstrak propolis, yang mencegah korosi. Gambar (e) dan (f) menunjukkan permukaan sampel dengan penambahan inhibitor 6 ml, dan juga dapat dilihat bahwa permukaan tersebut memiliki lubang-lubang

kecil dan beberapa produk cacat berupa kotoran yang terperangkap dari sambungan las. Selain itu, gambar (g) dan (h) menunjukkan permukaan sampel dengan penambahan 8 mL inhibitor, lubang (porositas) dan kotoran kurang terlihat dibandingkan dua sampel sebelumnya yang diberi perlakuan penambahan inhibitor korosi. . . Hal ini karena lapisan pelindung ekstrak propolis (*Kele - kele*) terbentuk pada permukaan pipa Sch 40 dan sambungan las. Diperkirakan lubang-lubang kecil pada permukaan sampel terjadi karena lapisan pelindung yang terbentuk tidak cukup menutupi retakan kecil pada permukaan sampel atau tidak meluas hingga retakan kecil pada permukaan sampel, sehingga bagian yang tidak tertutup dengan baik akan lebih cepat terkorosi.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Ekstrak propolis *Trigona sp. (Kele – kele Bali)* setelah diuji FTIR untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat didalamnya, dan dengan hasil yang menunjukkan terdapat kandungan senyawa fenol. Gugus hidroksil (OH-) yang terdapat dalam fenol dapat berfungsi sebagai anti oksidan, dimana antioksidan ini dapat menghambat proses reduksi oksigen (oksidasi), inhibitor dapat memproteksi spesimen uji dengan membentuk lapisan tipis pada permukaan spesimen, sehingga ekstrak propolis *Kele – kele* layak disebut sebagai *Green Inhibitor*.
- Pengaruh konsentrasi penambahan inhibitor sebanyak 4, 6, dan 8 mililiter dalam medium NaCl 3,5% mampu menurunkan laju korosi pada sambungan las pipa Sch 40, dalam pengujian perendaman selama 336 jam dengan penambahan inhibitor sebanyak 4 mililiter nilai korosi yang didapat senilai 1,374 mpy, inhibitor 6 mililiter nilai korosi senilai 1,148 mpy, 8 mililiter nilai korosi senilai 0,903 mpy. Nilai efisiensi maksimum penambahan inhibitor terdapat pada penambahan inhibitor sebanyak 8 ml yaitu sebesar 84%.
- Hasil pengamatan morfologi permukaan spesimen terkorosi menggunakan mikroskop struktur mikro memperlihatkan permukaan spesimen uji yang tanpa inhibitor terdapat banyak produk korosi pada permukaan maupun bagian sambungan las, sedangkan pada spesimen yang terinhibisi produk korosi mulai berkurang seiring penambahan inhibitor sebanyak 4 ml, 6 ml, dan puncaknya pada penambahan inhibitor 8 ml ditandai dengan berkurangnya lubang (porositas) dan kotoran pada permukaan spesimen.

Daftar Pustaka

- [1] Jones, D., 1996. *Principles and Prevention*

of Corrosion. Prentice - Hall.

- [2] Park, M., 2018. *Corrosion in Materials* 41 (13), 13-16
<https://doi.org/10.31399/asm.hb.v13b.9781627081832>
- [3] Jokosisworo, S. 2008. **Studi Komparasi Pipa Sch 40 Galvanize Dengan Sch 40 Non Galvanize Pada Sistem Pipa Ballast Dikaji Dari Segi Teknis Dan Ekonomis**. 1–4.
- [4] Trethewey, K R, and Chamberlain, J., 1995. *Corrosion for Science and Engineering, Second Edition*. United States: N. p., 1995. Web., 2.
- [5] Gapsari, F., Press, U. B., Media, U. B., & Soenoko, R., 2017. **Pengantar Korosi**. Universitas Brawijaya Press.
<https://books.google.co.id/books?id=FFpVDwAAQBAJ>
- [6] Mulyaningsih, N., Mujiarto, S., & Ubaydilah, G., 2019. **Pengaruh Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Alami Rantai Kapal**. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(1).
- [7] Watiniasih, N. L., Budiarsa, I. N., Antara, I. N. G., & Wiradana, P. A., 2022. **Propolis Extract as a Green Bacterial Corrosion Inhibitor on Three Types of Metals**. *Jurnal Biodiversitas*, 23(9), 4852–4860.

	<p>I Made Suastika Jaya Menyelesaikan Studi S1 di Universitas Udayana Program Studi Teknik Mesin Tahun 2022.</p>
<p>Konsentrasi Penelitian Bidang Rekayasa Manufaktur</p>	