



**STUDI PENERAPAN EKSTRAK DAUN PANDAN WANGI (*Pandanus amaryllifolius Roxb*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA PIPA BAJA KARBON DALAM MEDIUM KOROSI AIR LAUT DAN AIR HUJAN DENGAN VARIASI SUHU**

**Yuki Ratnasari\*, Fadhilla Maharani Nuringsih, Ikhwan Mahendra Prasajo, Muhammad Fahmi Hakim**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Jalan HS Ronggowaluyo Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat-41361

\* e-mail: 1910631230017@student.unsika.ac.id

**Abstrak**

*Pada industri kimia, peristiwa korosi adalah suatu hal yang sering terjadi khususnya pada alat proses. Komponen yang biasa terdapat pada sebuah alat proses adalah pipa baja. Korosi tidak bisa dihilangkan, akan tetapi bisa dikendalikan. Agar dapat bisa mengendalikan korosi pada baja dilakukan dengan cara menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor korosi yaitu sebuah zat kimia yang apabila ditambahkan kedalam suatu lingkungan bisa menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Terdapat dua macam jenis inhibitor korosi yaitu inhibitor anorganik dan organik. Penggunaan inhibitor organik merupakan sebuah alternatif karena lebih ramah lingkungan. Penelitian ini memanfaatkan ekstrak daun pandan sebagai inhibitor korosi organik. Ekstrak daun pandan didapatkan dengan metode ekstraksi maserasi menggunakan etanol. Hasil uji fitokimia ekstrak daun pandan menunjukkan adanya kandungan senyawa flavonoid dan tanin. Senyawa tersebut dapat menghambat laju korosi. Hasil penelitian menunjukkan meningkatnya suhu mengakibatkan banyak nya massa yang berkurang, yang berarti dapat meningkatnya laju korosi.*

**Kata kunci:** Air hujan, air laut, daun pandan, flavonoid, inhibitor korosi, laju korosi, tanin

Doi: <https://doi.org/10.29103/jtku.v12i2.12387>

**1. Pendahuluan**

Korosi adalah sebuah proses pengurangan kualitas pada permukaan logam yang disebabkan oleh reaksi kimia (reaksi redoks) pada permukaan logam. Korosi logam yang dapat disebabkan oleh uap air, lingkungan yang mengandung asam, garam serta suhu lingkungan yang tinggi (Akbar, dkk., 2021). Pada industri kimia

peristiwa korosi adalah suatu hal yang sering terjadi khususnya pada alat proses. Komponen yang biasa terdapat pada suatu alat proses adalah pipa baja. Korosi tidak bisa dihilangkan, akan tetapi dapat dikendalikan. Suatu cara untuk mengendalikan korosi pada baja yaitu dengan menggunakan inhibitor korosi. Secara umum inhibitor yaitu zat kimia yang bisa menjadi penghambat reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi yaitu suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam (Sidiq, 2017).

Inhibitor korosi bisa dibedakan menjadi dua macam kategori yaitu inhibitor anorganik dan inhibitor organik (Mulyati, 2019). Inhibitor anorganik seperti senyawa kimia sintetis asam stearat dan imidazolin stearat adalah inhibitor yang baik agar bisa menurunkan laju korosi pada baja dalam larutan asam klorida (Xiuyu, dkk, 2007). Akan tetapi yang terjadi adalah bahan kimia sintetis tersebut merupakan bahan kimia berbahaya yang dapat memperparah kondisi korosi karena ditemukan banyak titik kebocoran (Nuraini, dkk., 2016), selain itu biaya yang dikeluarkan cenderung tinggi, serta juga tidak baik untuk lingkungan dalam proses pembuatannya. Maka dari itu, dibutuhkan adanya inhibitor yang aman, mudah ditemukan, bersifat biodegradable, biaya yang cenderung rendah, dan baik untuk lingkungan. Sehingga dapat dicapai dengan melakukan penelitian terhadap bahan alami yang pada umumnya mempunyai sifat ramah lingkungan yang bisa digunakan sebagai inhibitor.

Dari sejumlah penelitian yang telah dilakukan bisa dilihat bahwa ekstrak yang berasal dari tumbuhan mempunyai kemampuan sebagai inhibitor. Kemampuan memperlambat terjadinya proses korosi dimiliki oleh ekstrak yang berasal dari tumbuhan diakibatkan di dalam komposisinya terdapat bagian pokok yang bersifat heterosiklik seperti alkaloid dan flavonoid, sedangkan bagian lainnya seperti tanin, selulosa dan senyawa polisiklik bisa meningkatkan terbentuknya korosi diseluruh permukaan logam (Nadhir F, 2018). Tanin dan flavonoid bisa diperoleh dari Sebagian besar macam tumbuhan hijau diseluruh dunia baik

tumbuhan tingkat tinggi maupun tingkat rendah dengan kadar dan kualitas yang berbeda (Irianty, 2014). Sejumlah bentuk tanin telah terbukti memiliki aktivitas antioksidan. Tanin yang bisa meningkatkan pembentukan film diatas permukaan logam untuk membantu dalam proses inhibisi korosi (Okafor, 2008; Raja, 2008). Proses inhibisi dari tanin dikaitkan kepada pembentukan lapisan pasif dari tannates pada permukaan logam. Tanin juga dapat membentuk senyawa kompleks dengan kation logam yang berbeda, terutama pada sebuah media dasar. Maka dari itu jika dilihat dari latar belakang tersebut maka dalam proses manufaktur biasanya tanin digunakan untuk cat anti karat dan *coating* (El-Etre, 2004).

Salah satu tanaman yang mengandung tanin adalah daun pandan wangi. Daun pandan wangi mudah ditemukan di lingkungan sekitar, serta daun pandan dapat di perjual-belikan dan harganya lebih murah dari inhibitor sintetik seperti tannin murni. dari permasalahan yang telah disampaikan, kemampuan ekstrak daun pandan dalam memperlambat proses korosi perlu diuji. Maka dari itu penelitian ini, uji inhibisi korosi dilakukan kepada baja karbon API 5L *Grade B* dalam media air laut dan air hujan untuk mempercepat terjadinya proses korosif. Penelitian ini melakukan pengujian fitokimia pada daun pandan wangi, serta menganalisis permukaan pipa baja melalui Uji SEM dan penentuan laju korosi dengan metode *weight loss*.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain adalah pipa baja API 5 L *grade B*, daun pandan wangi, air laut, air hujan, etanol 96%, akuades, FeCl<sub>3</sub> 0,1%, serbuk Zn, dan HCl 2 N, timbangan digital, neraca analitik, mesin pelumat, kertas saring, oven konveksi, gelas *beaker*, pengaduk magnetis, gelas ukur, wadah dan *rotary vacuum evaporator* .

Penelitian ini terdiri dari 5 tahap yaitu preparasi spesimen baja API 5L *grade B*, Pembuatan ekstrak daun pandan, persiapan medium korosi, perendaman sampel uji, dan menganalisis sampel. Pada preparasi spesimen baja, Pipa baja dipersiapkan dengan ukuran potongan 2 x 1 cm. Potongan pipa baja lalu

dilakukan pengamplasan. Selanjutnya, pada tahap pembuatan ekstrak daun pandan, daun pandan wangi dicuci lalu dibersihkan menggunakan air mengalir sampai bersih dari kotoran, kemudian daun pandan wangi yang sudah bersih direduksi ukurannya menjadi potongan kecil, agar lebih mudah dihaluskan di mesin pelumat sampai memiliki tekstur bubuk. Lumatan daun pandan wangi yang ditempatkan di gelas *beaker* yang ditimbang massanya 20 gram per sampel baja, lalu dicampurkan dengan pelarut etanol 96% sampai tercapai batas masing-masing 200 mL di gelas *beaker*. Lalu, dilakukan proses ekstraksi maserasi yaitu selama 48 jam, lalu disaring menggunakan kertas saring ke gelas *beaker*. Selanjutnya, larutan daun pandan wangi hasil ekstraksi maserasi dipanaskan di atas pengaduk magnetis dengan suhu 80 °C, 85 °C dan 90°C untuk dilakukan reduksi volume dengan penguapan pelarut etanol sampai dicapainya volume larutan inhibitor ekstrak daun pandan wangi sebesar 100 mL.

Pada tahap persiapan medium korosi, medium korosi disiapkan dengan menuangkan air laut dan air hujan yang ditampung dalam jeriken plastik ke tiga gelas *beaker* dengan masing-masing 200 ml air laut dan air hujan. Air laut dan air hujan yang sudah ditempatkan ke masing-masing gelas *beaker* selanjutnya ditambahkan berbagai variasi suhu larutan inhibitor ke enam gelas *beaker*, dan dua gelas *beaker* tidak dilakukan penambahan inhibitor karena untuk dilakukan pengontrolan.

Selanjutnya tahap perendaman sampel uji, masing klasifikasi dimasukkan ke dalam medium korosi yang ditambahkan dengan larutan inhibitor ekstrak daun pandan dan tanpa larutan inhibitor ekstrak daun pandan. Dilakukan variasi suhu penguapan larutan inhibitor sebesar 80°, 85° dan 90°. Perendaman ini dilakukan selama 2 minggu.

Tahap terakhir adalah menganalisis sampel yang diawali dengan menguji kandungan senyawa yang terdapat daun pandan melalui metode uji fitokimia kualitatif. Pada pengujian ini terdiri dari beberapa uji diantaranya yaitu, uji

senyawa tanin, uji senyawa flavonoid dan uji senyawa saponin. Pada uji senyawa tanin, larutan ekstrak daun pandan terlebih dahulu di pekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Kemudian sebanyak 0,5 g ekstrak dididihkan dengan 10 mL air dalam tabung reaksi, lalu disaring. Sedikit tetes FeCl<sub>3</sub> 0,1% ditambahkan dan teramati larutan akan berubah warna biru tua atau hitam kehijauan (Kayadoe dkk, 2015). Pada uji senyawa flavonoid, larutan ekstrak daun pandan terlebih dahulu di pekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Kemudian sebanyak 2 mL Ekstrak daun pandan dilarutkan dalam 2 mL HCl 2 N dan ditambahkan serbuk Zn, adanya flavonoid ditunjukkan melalui perubahan warna orange ketika dikocok (Kayadoe dkk, 2015). Pada uji senyawa saponin, larutan ekstrak daun pandan terlebih dahulu di pekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Kemudian melarutkan sampel ke dalam 10 mL *aquades* yang mendidih, kemudian disaring filtrat dikocok selama 2 menit. Hasil positif dilihat dengan terbentuknya buih yang stabil (Ningsih, 2016).

Setelah menguji fitokimia dilanjutkan dengan menghitung laju korosi. Laju korosi dari pipa baja dapat ditentukan dengan metode pengurangan massa. Saat pipa baja diangkat dari proses perendaman, akan terdapat pengurangan massa yang bisa ditimbang di neraca analitik dan lalu dapat dicatat. Laju reaksi korosi lalu dihitung dengan rumus sebagai berikut (Jones, 1992)

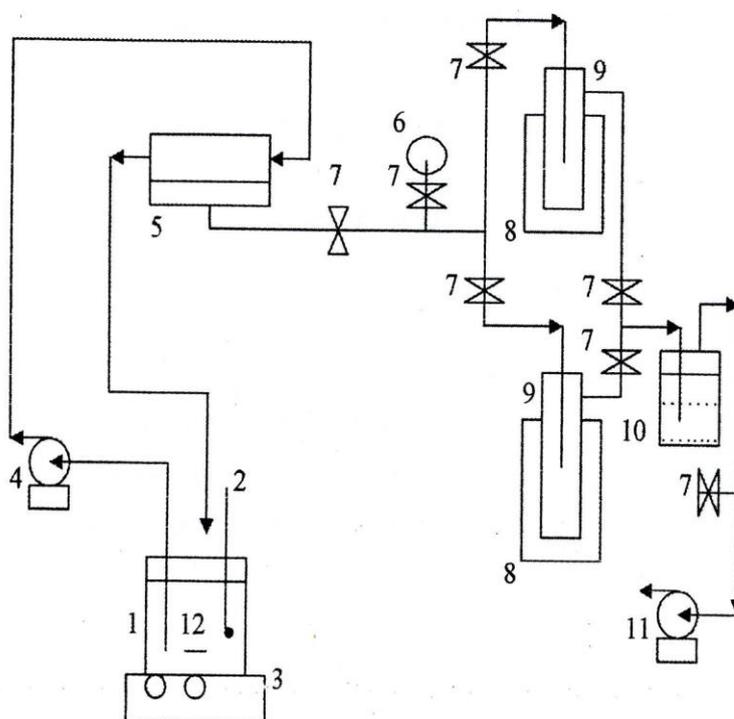
$$Cr(mils/year) = \frac{534 \times wV}{D \times A \times T} \quad (1)$$

dimana :

- W = selisih massa (g)
- D = densitas pipa baja (g/cm<sup>3</sup>)
- A = luas permukaan pipa baja (in<sup>2</sup>)
- T = waktu perendaman (jam)

Setelah menentukan laju korosi kemudia menganalisis permukaan pipa baja dengan dengan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). *Scanning*

*Electron Microscope* (SEM) yaitu salah satu jenis mikroskop elektron yang paling sering digunakan dari berbagai peralatan instrumentasi berkas elektron lainnya. SEM memberikan hasil berupa gambar bentuk permukaan material yang dianalisis. SEM bisa digunakan untuk menganalisis bahan organik dan anorganik pada skala nanometer (nm) hingga mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Resolusi gambar yang dihasilkan berkisar 10 – 10.000 kali (Goldstein et al, 2003).



Gambar 1. Skema rakitan sistem pervaporasi

Fluks massa adalah banyaknya massa permeat yang diperoleh per satuan luas penampang per satuan waktu proses pervaporasi. Massa permeat yang diperoleh pada proses pervaporasi ditimbang dengan neraca. Fluks dihitung menggunakan persamaan (Mulder, 2006):

$$J = (1/A) (dm/dt) \quad (1)$$

Nilai  $dm/dt$  diperoleh dari kurva hubungan massa permeat terhadap waktu pada keadaan tunak, yaitu *slope* kurva tersebut.

Selektifitas dapat diperoleh dengan uji kromatografi gas. Sampel yang diuji adalah komposisi umpan untuk berbagai variasi campuran etanol-air yang digunakan dan komposisi permeat yang diperoleh pada masing-masing membran. Selektifitas dihitung dengan persamaan (Mulder, 2006):

$$\alpha = (w_1/w_2)_{\text{permeat}} / (w_1/w_2)_{\text{umpan}} \quad (2)$$

dimana,

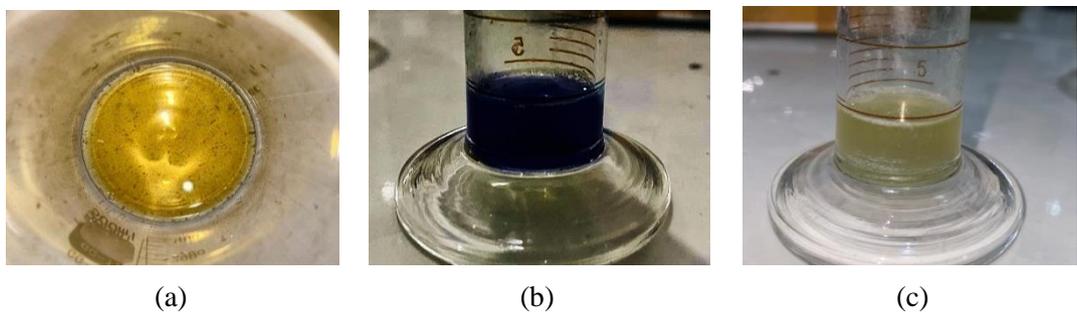
$w_1$  = fraksi berat komponen 1

$w_2$  = fraksi berat komponen 2

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1 Hasil Uji Fitokimia Kualitatif

Prinsip pada pengujian ini yaitu untuk mengetahui apakah ada atau tidaknya komponen bioaktif pada sampel uji. Sampel uji yang digunakan yaitu berupa daun segar yang telah dikeringkan dan juga sudah dihaluskan. Uji yang dilakukan bersifat kualitatif sehingga data yang dihasilkan juga akan bersifat kualitatif dan metode yang digunakan adalah skrining fitokimia. Hasil Uji fitokimia ekstrak daun pandan dapat dilihat pada gambar 1 dan tabel 1.



Gambar 1. Hasil uji fitokimia : (a) hasil uji flavonoid, (b) hasil uji tanin, (c) hasil uji saponin

Tabel 1. Hasil uji fitokimia

<b>Skrining Fitokimia</b>	<b>Hasil</b>	<b>Keterangan</b>
Uji Tanin	Positif	Larutan berwarna biru tua
Uji Flavonoid	Positif	Larutan berwarna jingga
Uji Saponin	Negatif	Tidak adanya busa

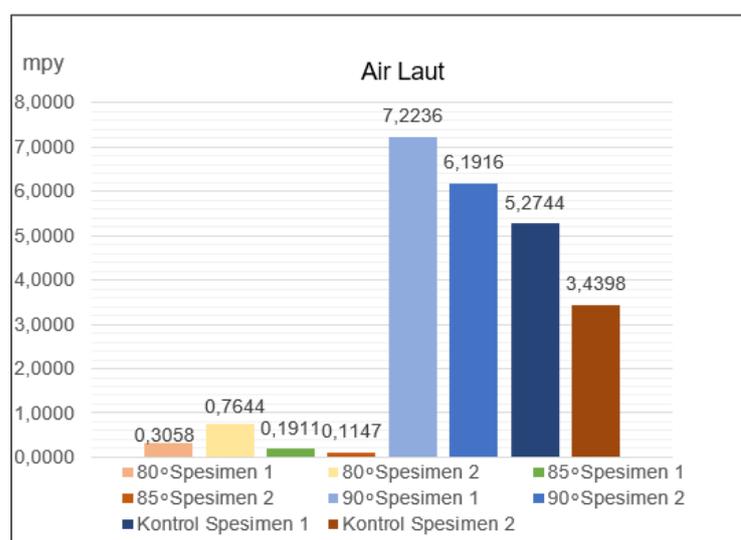
Berdasarkan hasil uji fitokimia kualitatif diperoleh bahwa ekstrak daun pandan mengandung senyawa-senyawa meta-bolit sekunder, seperti flavonoid dan tanin. Adanya kandungan senyawa-senyawa ini mengindikasikan bahwa ekstrak daun pandan berpotensi dalam menghambat laju korosi baja karbon API 5L *Grade B* dalam medium korosi air laut dan air hujan karena adanya heteroatom, gugus polar, ikatan  $\pi$  dan pasangan elektron bebas. Hasil uji fitokimia pada daun pandan yang telah dilakukan tidak menunjukkan adanya senyawa saponin, hal ini telah dikemukakan juga oleh Tiwari dkk., (2011) bahwa daun pandan wangi tidak memiliki senyawa saponin. Karena tidak terbentuk busa setinggi 1 cm. Busa tersebut terjadi karena senyawa saponin memiliki gugus hidrofilik dan hidrofobik.

### 3.2 Penentuan Laju Korosi

Tabel 2. Pengaruh Suhu pada Media Air Laut terhadap Laju Korosi

<b>Suhu (°C)</b>	<b>Sampel</b>	<b>Berat Baja Awal (gr)</b>	<b>Berat Baja Akhir (gr)</b>	<b>Selisih Berat (gr)</b>	<b>Laju korosi (mpy)</b>
80°	Spesimen 1	4,1638	4,1630	0,0008	0,3058
	Spesimen 2	3,3370	3,3350	0,0020	0,7644

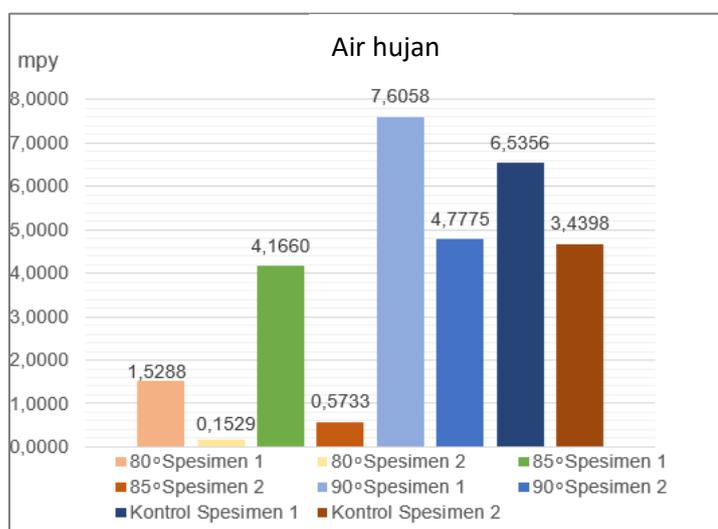
85°	Spesimen 1	2,5334	2,5329	0,0005	0,1911
	Spesimen 2	3,0165	3,0162	0,0003	0,1147
90°	Spesimen 1	3,4489	3,4300	0,0189	7,2236
	Spesimen 2	3,4162	3,4100	0,0062	2,3696
Kontrol (Tanpa Penambahan Inhibitor)	Spesimen 1	3,1608	3,1470	0,0138	5,2744
	Spesimen 2	3,3770	3,680	0,0090	3,4398



Gambar 2. Pengaruh suhu pada media air laut terhadap laju korosi

**Tabel 3. Pengaruh Suhu pada Media Air Hujan terhadap Laju Korosi**

<b>Suhu (°C)</b>	<b>Sampel</b>	<b>Berat Baja Awal</b>	<b>Berat Baja Akhir</b>	<b>Selisih Berat</b>	<b>Laju korosi (mpy)</b>
80°	Spesimen 1	2,9870	2,9860	0,0040	1,5288
	Spesimen 2	4,5204	4,5200	0,0004	0,1529
85°	Spesimen 1	2,8899	2,8790	0,0109	4,1660
	Spesimen 2	3,1835	3,1820	0,0015	0,5733
90°	Spesimen 1	3,7899	3,7700	0,0199	7,6058
	Spesimen 2	3,6425	3,6300	0,0125	4, 7775
Kontrol (Tanpa Penambahan Inhibitor)	Spesimen 1	3,6501	3,6330	0,0171	
	Spesimen 2	2,8012	2,7890	0,0122	

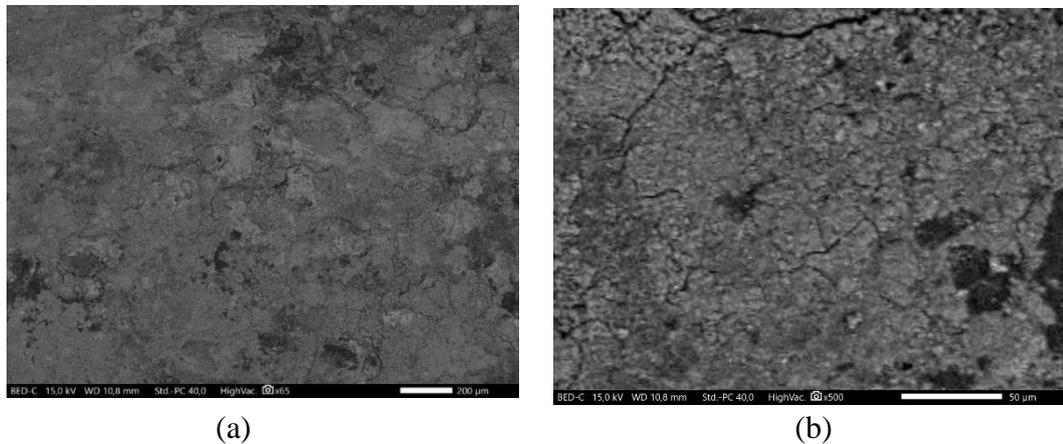


Gambar 3. Pengaruh suhu pada media air hujan terhadap laju korosi

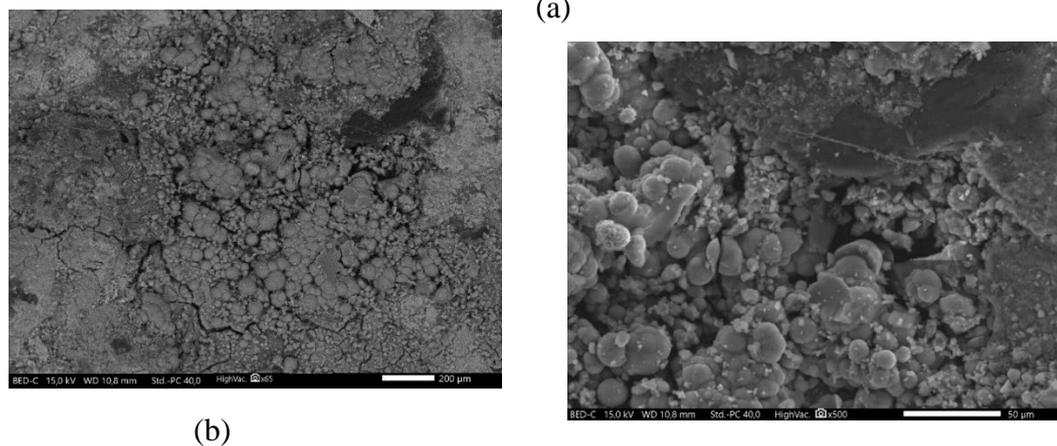
Berdasarkan tabel 2 dan 4 tertera bahwa semakin tinggi suhu maka semakin cepat juga pertumbuhan korosi nya, hal tersebut dapat dilihat dari selisih massa akhir dan massa awal di tiap sampel nya sehingga berpengaruh pada laju korosi. Pada medium korosi air hujan, di suhu 80° spesimen 1 dan spesimen 2 masing- masing hanya selisih 0,0040 gr dan 0,0004 gr dengan laju korosi masing- masing 1,5288 mpy dan 0,1529 mpy. Di suhu 90° selisih massa pada spesimen terjadi lebih banyak dibandingkan pada suhu 80°, data tersebut dapat dilihat juga pada tabel 4.1 bahwa pada suhu 90° selisih massa spesimen 1 dan spesimen 2 masing-masing sebesar 0,0199 gr dan 0,0125 gr dengan laju korosi masing- masing 7,6058 mpy dan 4,7775 mpy.

Pada tabel 3 medium korosi air laut di suhu 90° juga menghasilkan selisih terbesar dibandingkan suhu yang lebih rendah, karena pada spesimen 1 dan spesimen 2 terdapat selisih masing-masing mencapai 0,0189 gr dan 0,162 gr dengan masing-masing laju korosi 7,2236 mpy dan 6,1916 mpy. Peningkatan suhu menyebabkan tingkat energi molekul pada permukaan logam mengalami persaingan antara gaya adsorpsi dan gaya desorpsi dari logam (Wahyuningsih dkk, 2010). Secara keseluruhan peranan inhibitor dari ekstrak daun pandan dapat menghambat proses korosi pipa baja dalam media air laut dan air hujan, karena jika dilihat pada 4.3 pipa baja tanpa penambahan inhibitor memiliki selisih massa awal dan akhir terbesar mencapai 0,0171 gr dengan laju korosi 6,5356 mpy.

### 3.3 Uji SEM



Gambar 4. Hasil uji SEM dengan penambahan inhibitor (a) 65x perbesaran, (b) 500x perbesaran



Gambar 5. Hasil uji SEM tanpa inhibitor (a) 65x perbesaran, (b) 500x perbesaran

Gambar 4 memperlihatkan struktur permukaan pipa baja setelah penambahan inhibitor ekstrak daun pandan sebanyak 100 ml, memperlihatkan jika struktur permukaan berwarna gelap disebabkan senyawa organik dari daun pandan teradsorpsi pada permukaan pipa baja. Senyawa organik yang terkandung pada daun pandan menyebabkan permukaan pipa baja pada gambar 4.6 lebih halus dibandingkan dengan gambar 4.7.

Gambar 5 hasil uji SEM diatas adalah hasil tampilan dari baja karbon API 5L *grade* B tanpa penambahan inhibitor terlihat bahwa permukaan baja telah mengalami korosi setelah dilakukan perendaman. Pada gambar 4.7 terjadi

perubahan tampilan pola, daerah yang berwarna lebih gelap mengalami *pitting corrosion* atau korosi sumuran yang terjadi pada lapisan pipa baja. Efek dari media korosi air laut dan air hujan juga menyebabkan erosi korosi pada gambar berwarna gelap tersebut. Terjadinya korosi erosi dipengaruhi oleh reaksi oksidasi reduksi baja karbon, akan tetapi tidak merubah sifat mekanik dalam material.

#### 4. Simpulan dan Saran

Pada penelitian yang dilakukan terhadap pipa baja API 5L *grade B* dengan penambahan inhibitor ekstrak daun pandan dengan variasi suhu, dan media lingkungan air, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Mekanisme reaksi penghambat korosi terjadi dari senyawa tanin dan flavonoid yang teradsorpsi dipermukaan pipa baja API 5L *grade B*. Molekul oksigen dalam air tidak dapat bereaksi langsung dengan pipa baja akan tetapi bereaksi terlebih dahulu dengan senyawa kompleks pada flavonoid dan tanin. Sifat ramah lingkungan dan efisiensi inhibisi yang tinggi, maka ekstrak daun pandan dapat dijadikan alternatif inhibitor korosi ramah lingkungan pada pipa baja API 5L *grade B* ataupun baja lain kedepannya.
2. Ekstrak daun pandan dapat mencegah korosi yang terjadi pipa baja API 5L *grade B* dengan lingkungan air laut dan hujan. Variasi suhu berpengaruh pada laju korosi, karena pada suhu 80° terjadi selisih massa awal dan massa akhir pipa baja yang terbilang kecil dibandingkan pada suhu 90°

#### 5. Daftar Pustaka

1. Akbar, Y.J., dkk (2021). Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
2. El-Etre, A.Y., Abdalah, M (2004). “Corrosion Inhibition of Some Metals Using Lawsonia Extract”, Elsevier Science.
3. Goldstein, dkk. (2003). Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis.
4. Irianty, R, S. Yenti, S, R (2014). Pengaruh Perbandingan Pelarut Etanol-Air terhadap Kadar Tanin pada Sokletasi Daun Gambir. Universitas Riau.
5. Jones, Denny A. (1992). Principle and Prevention Corrosion. Singapura: Maxwell Macmillan.

6. Kayadoe V, dkk (2015). Ekstrak Daun Pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) sebagai Inhibitor Korosi Baja SS-304 dalam Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Vol 10 no 2. Universitas Pattimura
7. Mulyati, B. (2019). Tanin Dapat Dimanfaatkan Sebagai Inhibitor Korosi. *Jurnal Industri Elektro Dan Penerbangan*, 8(1).
8. Nadhir, F. Sulistijono, (2018). Pemanfaatan Bio Inhibitor Daun Sukun terhadap Laju Korosi pada Baja API 5L Grade B di Lingkungan 3,5% NaCl dan 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
9. Ningsih, D.R., Zufahair, Dwi Kartika (2016). Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Serta Uji Aktivitas Ekstrak Daun Sirsak Sebagai Anti Bakteri, *Molekul*: 11 (1): 101-111
10. Okafor, P. C., Ikpi, M. E., Uwah, I. E., Ebenso, E. E., Ekpe, U. J., & Umoren, S. A (2008). Inhibitory action of phyllanthus amarus extract on the corrosion of mild steel in acidic media. *Corrosion Science*, 50, 2310-2317.
11. Sidiq, MF. Hidayatullah S, Siswiyanti. (2017). Analisa Pengaruh Inhibitor Ekstrak Rimpang Jahe Terhadap Laju Korosi Internal Pipa Baja ST-41 pada Air Tanah. Universitas Pancasakti Tegal .
12. Xiuyu, dkk (2007). “Studies of protection of Iron Corrosion by Rosin Imidazoline Self-Assembled Monolayers.” *Surface & Interface Analysis*, vol.39, pp. 317-323.