

Studi Laju Korosi Plat Baja Hitam Dengan Penambahan Inhibitor Bawang Dayak Di Lingkungan Air Laut

Muhammad Nasir^{1*}, Hadi Santoso², Marhadi Budi waluyo³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

E-mail: ^{1*}muhammadnadsir701@gmail.com, ²hadisantoso@borneo.ac.id, ³yo2.tarakan@gmail.com
*Corresponding author**

ABSTRACT

The impact of applying an inhibitor of dayak onion extract on the corrosion rate has been studied. Dayak onions were chosen because they have a large antioxidant content of 94%, making them suitable for use as corrosion inhibitors. A black steel plate was employed as the test object in this investigation because it was easily and quickly exposed to corrosion in a marine environment. The Dayak onion extract powder was added in various concentrations, ranging from 0 parts per million (ppm) to 50, 100, 150 and 200 ppm, to the black steel plate. Observations were taken on the rate of metal corrosion and the effectiveness of the inhibitor from the weight loss test at intervals of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 days. A macro phototest and an FTIR test were used to evaluate the inhibitor's mechanism of action. The results of the weight loss and efficiency test revealed that the lowest efficiency was 21,41% and the greatest corrosion rate value with the addition of a Dayak onion inhibitor was 200 ppm, or 0,09 mm/year. With the use of Dayak onion inhibitor, the lowest corrosion rate value was 50 ppm, or 0,12 mm/year, with the highest efficiency being 35,85%.

Keywords: adsorption, corrosion, dayak onion, inhibitor

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan inhibitor ekstrak bawang dayak terhadap laju korosi. Bawang dayak dipilih karena mengandung antioksidan yang kuat sebesar 94% sehingga baik untuk dijadikan inhibitor yang dapat menghambat laju korosi. Material uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat baja hitam yang rentan dan cepat terkena korosi di lingkungan air laut. Plat baja hitam direndam pada wadah berisi air laut dengan beberapa variasi penambahan bubuk ekstrak bawang dayak yakni 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm. Pengamatan dilakukan terhadap laju korosi logam dan efisiensi inhibitor dari uji weight loss selama interval 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 hari. Pengujian mekanisme kerja inhibitor dianalisa melalui uji foto makro dan uji FTIR. Hasil uji *weight loss* dan efisiensi menunjukkan nilai laju korosi tertinggi dengan penambahan inhibitor bawang dayak sebesar 200 ppm yaitu 0,09 mm/year, dengan efisiensi terendah 21,41%. Sedangkan nilai laju korosi terendah dengan penambahan inhibitor bawang dayak sebesar 50 ppm yaitu 0,12 mm/year dengan efisiensi tertinggi 35,85%.

Kata Kunci: adsorpsi, bawang dayak, inhibitor, korosi

I. PENDAHULUAN

Korosi melemahkan struktur pada logam dan baja sehingga mudah terjadi sebuah kerapuhan, dimana kerapuhan tersebut sangat menghambat dan mempengaruhi usia material yang terkena korosi. Oleh karena itu korosi tidak bisa dicegah, namun demikian bisa dilakukan sebuah proses pengendalian atau penghambatan dan biasa disebut sebagai inhibitor. Pengendalian korosi ini dilakukan agar bisa

meminimalisir terjadinya korosi pada logam dan baja. Sedangkan inhibitor itu sendiri merupakan penambahan sebuah bahan, baik itu organik maupun anorganik ke sebuah logam dan baja. Inhibitor ini dapat menghambat reaksi kimia sehingga dapat memperlambat laju korosi yang terjadi [1].

Penelitian menggunakan inhibitor nonorganik telah dilakukan, hasil penelitian menunjukkan inhibitor nonorganik dapat menghambat laju korosi. [2] telah melakukan penelitian memanfaatkan suplemen vitamin C sebagai inhibitor sebagai proteksi korosi baja API 5L Grade B pada lingkungan Asam PH5. Percobaan dengan Paracetamol dapat menghambat korosi material di lingkungan bensin pertalite [3].

Saat ini inhibitor banyak diaplikasikan sebagai perlindungan korosi internal karena biaya penggunaannya yang murah serta fleksibilitas dalam penggunaannya [4]. Adapun salah satu kandungan yang terdapat pada inhibitor adalah zat antioksidan. Inhibitor organik merupakan bahan yang memiliki kandungan antioksidan yang tinggi.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [5] eksperimen pada plat baja hitam. Plat baja hitam direndam pada air laut. Penambahan inhibitor organik menunjukkan adanya penurunan laju korosi. *Astaxantin* dimanfaatkan sebagai inhibitor pada penelitian tersebut dengan variasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm pada 0,5 liter air laut. Hasil menunjukkan penambahan *astaxantin* pada variasi 50 ppm memiliki laju korosi paling rendah 0,31 mm/year dan efisiensi paling tinggi 73,49%. Hal ini membuktikan/ menunjukkan bahwa inhibitor organik *astaxantin* dapat melindungi plat baja hitam dari korosi pada lingkungan air laut. Hasil ini diperkuat dengan uji FTIR dan uji struktur mikro.

Penelitian serupa juga dilakukan [6] eksperimen plat baja hitam dengan penambahan inhibitor untuk memperlambat laju korosi pada material. Penambahan inhibitor organik menunjukkan bahwa adanya penurunan laju korosi. Inhibitor bawang lanang digunakan pada penelitian dengan variasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm pada 0,5 liter air laut. Hasil pada penelitian sebelumnya menunjukkan penambahan bawang lanang pada variasi 100 ppm memiliki laju korosi paling rendah 0,54 mm/year dan efisiensi paling tinggi 57,43%. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor bawang lanang dapat melindungi plat baja hitam dari korosi di lingkungan air laut. Hasil ini diperkuat dengan hasil uji FTIR dan uji struktur mikro.

Penelitian sebelumnya membahas tentang kecepatan laju korosi dan membandingkan laju korosi pada paku yang terendam dalam masing-masing media larutan elektrolit selama 27 hari. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pengcoatingan dan tanpa pengcoatingan dalam medium perendam asam cuka, air jeruk nipis, air garam dan air hujan. Asam cuka merupakan elektrolit lemah yang terionisasi sebagian di dalam pelarutnya. Air jeruk nipis merupakan elektrolit lemah karena mengandung asam sitrat yang merupakan asam lemah. Garam dapur termasuk ke dalam elektrolit kuat yang terionisasi secara sempurna ketika dilarutkan di dalam pelarutnya. Sedangkan air hujan mengandung zat terlarut yang berupa ion nitrogen, klorin dan florin, sehingga termasuk ke dalam elektrolit lemah [7].

Pada penelitian ini digunakan inhibitor organik dengan komposisi atau variasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm dan 200 ppm pada 0,5 liter air laut.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental. Sebelum penelitian dimulai perlu dilakukan persiapan alat dan bahan. Alat digunakan untuk preparasi spesimen yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini antara lain yaitu, wadah plastik sebagai tempat spesimen uji direndam berdasarkan interval waktu yang telah ditentukan. Benang digunakan sebagai menggantung spesimen uji agar tidak menyentuh dengan spesimen uji lainnya. Untuk membuat spesimen digunakan alat potong logam. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu mikroskop USB yang berfungsi sebagai melihat hasil perendaman pada spesimen uji.

Tahapan dalam preparasi spesimen yang dilakukan untuk persiapan penelitian ini adalah pemotongan sampel, sampel yang telah diukur 20 mm x 30 mm siap dipotong menggunakan gerinda yang berukuran besar agar dapat dilakukan proses pemotongan dengan cepat. Proses pengampelasan

dilakukan agar tidak ada terdapat lapisan yang menghalang material yang akan diuji dan selain itu pengampelasan dilakukan bertujuan menghilangkan produk korosi yang masih menempel pada sampel dengan pengampelasan yang digunakan yaitu *grade* 180. Pengeboran sampel yang sudah dipotong berdasarkan ukuran yang telah ditentukan maka selanjutnya sampel akan dibor, dengan tujuan agar dapat dikaitkan atau diikat menggunakan benang dan mempermudah sampel pada saat proses pencelupan berlangsung. Proses *picking*, pada proses ini sampel dicelupkan ke larutan *hidrogenclorida* (HCl) dalam waktu satu menit lalu dicuci dengan menggunakan air hingga benar-benar bersih dan dikeringkan. Di mana bertujuan produk korosi yang ada di spesimen hilang dan pada saat penimbangan berat awal merupakan berat murni dari sampel tersebut. Penimbangan berat awal sampel mengetahui berat awal dari sampel perlu dilakukan, dikarenakan perhitungan laju reaksi yang terjadi nantinya menggunakan metode kehilangan berat atau uji *weight loss*, berat awal akan menjadi acuan ketika sampel telah mengalami korosi. Persiapan inhibitor dilakukan untuk mengetahui kapasitas inhibitor yang akan digunakan berdasarkan yang telah ditentukan. Setelah preparasi bahan dilakukan preparasi larutan. Sebelum digunakan air laut disaring terlebih dahulu dengan *Plantonnet*. Kapasitas larutan yang digunakan adalah 1liter. Inhibitor ditambahkan ke dalam larutan air laut dengan konsentrasi *part per million*.

Tabel 1. Konsentrasi Inhibitor

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Berat inhibitor (gram)
50	0,025
100	0,05
150	0,075
200	0,1

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji *Weight Loss*

Setelah dilakukan perendaman selama 30 hari pada material plat baja hitam dengan perbedaan konsentrasi inhibitor dan tanpa inhibitor pada air laut. Dari uji *weight loss*, Berdasarkan hasil penelitian, maka perlu adanya perhitungan yang dilakukan seperti halnya pada perhitungan *weight loss* sebagai berikut. Perhitungan tanpa menggunakan inhibitor (0 ppm 5 hari perendaman).

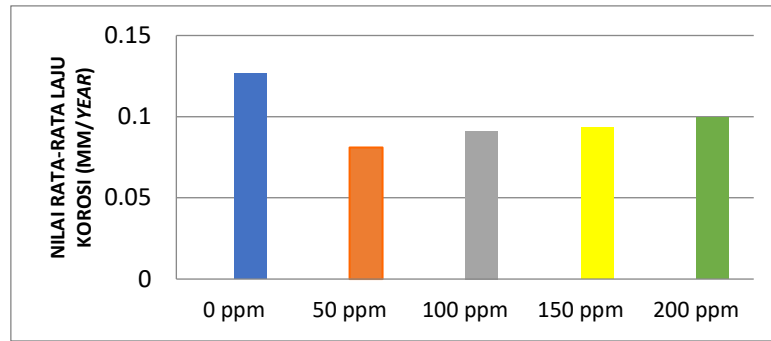
Tabel 2. Hasil 5 Hari Perendaman

m_1	massa	3.32	gram
m_2	massa	3.31	gram
w	selisih berat	0.01	gram
D	massa jenis	4.61	g/cm^3
A	Luas Penampang	13,2	cm^2
T	Waktu	120	jam

Penyelesaian:

$$Cr = 8,76 \times 10^4 \frac{w}{D.A.t} = 8,76 \times 10^4 \frac{0,01 \text{ gram}}{4,61 \text{ g/cm}^3 \cdot 13,2 \text{ cm}^2 \cdot 120 \text{ jam}} = 0.11 \text{ mm/year}$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan data berupa nilai selisih massa awal dan akhir baja plat hitam dengan pengambilan data yang dilakukan setiap 5 hari sekali. Data tersebut kemudian diinput dalam perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibitor, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Rata-Rata Laju Korosi Plat Baja Hitam Dengan Konsentrasi Inhibitor Bawang Dayak

Dapat dilihat dari Gambar 1 korosi rata-rata pada plat baja hitam dari yang tertinggi sampai yang terendah secara berurutan yakni plat baja hitam tanpa inhibitor yaitu 0,12 mm/year, plat baja hitam dengan penambahan inhibitor bawang dayak 50 ppm 0,08 mm/year, pada plat baja hitam dengan penambahan inhibitor bawang dayak 100 ppm 0,09 mm/year, laju plat baja hitam dengan penambahan inhibitor 150 ppm 0,09 mm/year. Dan penambahan inhibitor bawang dayak 200 ppm yaitu 0,09 mm/year.

Pada Gambar 1 di atas diketahui bahwa grafik laju korosi pada plat baja hitam mengalami penurunan dan kenaikan. Dapat dilihat bahwa kinerja inhibitor bawang dayak yang terbaik adalah 50 ppm, karena nilai laju korosi rata-rata pada konsentrasi inhibitor tersebut yang paling rendah dibandingkan dengan yang lainnya.

2. Efisiensi Inhibitor

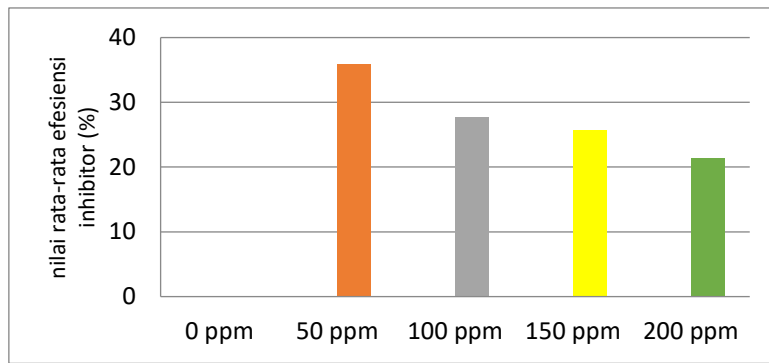
Setelah mengetahui nilai dari *weight loss* maka akan dicari nilai efisiensi inhibitor sebagai berikut:

Cr_1 (tanpa inhibitor) : 0,14 mm/year

Cr_2 (menggunakan inhibitor) : 0,09 mm/year

$$\begin{aligned} \% EI &= \frac{Cr_1 - Cr_2}{Cr_1} \times 100\% \\ &= \frac{0,14 \text{ mm/year} - 0,09 \text{ mm/year}}{0,14 \text{ mm/year}} \times 100\% \\ &= \frac{0,05 \text{ mm/year}}{0,14 \text{ mm/year}} \times 100\% \\ &= 0,35,16 \times 100\% \\ &= 35,16\% \end{aligned}$$

Kinerja inhibitor erat hubungannya dengan efisiensi inhibitor, turunnya inhibitor laju korosi pada plat baja hitam setelah penambahan inhibitor dan dibandingkan dengan tanpa inhibitor. Laju korosi akan selalu berbanding terbalik dengan efisiensi inhibitor, semakin tinggi inhibitor efisiensi inhibitor yang digunakan maka semakin rendah laju korosi pada material. Namun ada batas waktu untuk inhibitor mampu bekerja secara maksimum dan menurunkan laju korosi akan menampilkan peningkatan dengan kata lain efisiensi inhibitor mengalami penurunan. Berikut adalah nilai efisiensi inhibitor bawang dayak pada plat baja hitam dengan berbagai macam variasi konsentrasi inhibitor tersebut.



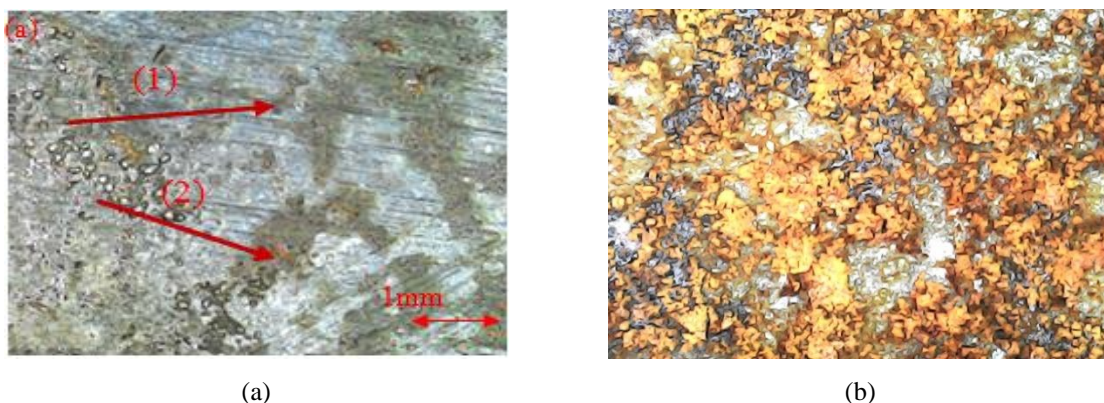
Gambar 2. Grafik Nilai Rata-Rata Efisiensi Inhibitor Bawang Dayak

Pada Gambar 2 di atas dapat diketahui urutan nilai rata-rata efisiensi inhibitor bawang dayak pada plat baja hitam dari tertinggi sampai yang terendah. Inhibitor bawang dayak 50 ppm 35,85%, inhibitor bawang dayak 100 ppm 27,77%, inhibitor bawang dayak 150 ppm 25,76% dan inhibitor bawang dayak 200 ppm 21,41%. Air laut tanpa inhibitor memiliki nilai efisiensi 0% karena menjadi pembanding dengan elektrolit yang menggunakan inhibitor dari bawang dayak.

Dengan bertambahnya konsentrasi bawang dayak tidak membuat efisiensi yang dihasilkan semakin tinggi, efisiensi bawang dayak 100 ppm memiliki nilai presentase nilai tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi inhibitor 150 ppm dan 200 ppm. Nilai rata-rata efisiensi inhibitor bawang dayak pada plat baja hitam yang terbaik adalah 50 ppm. Dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi inhibitor bawang dayak yang terbaik adalah 50 ppm.

3. Foto Struktur Makro

Uji struktur mikro berkaitan dengan kekuatan mekanik dari material yang terkorosi seperti pada penelitian [7]. Uji struktur makro merupakan pengujian terhadap material, untuk mengetahui gambaran makro pada permukaan material dalam penelitian ini adalah plat baja hitam, baik direndam menggunakan inhibitor dan tanpa inhibitor dengan media air laut. Hasil Uji struktur Makro Tanpa Inhibitor. Berikut ini merupakan perbandingan hasil foto struktur makro plat baja hitam di larutan air laut tanpa penambahan inhibitor bawang Dayak.



Gambar 3. Foto Struktur Makro

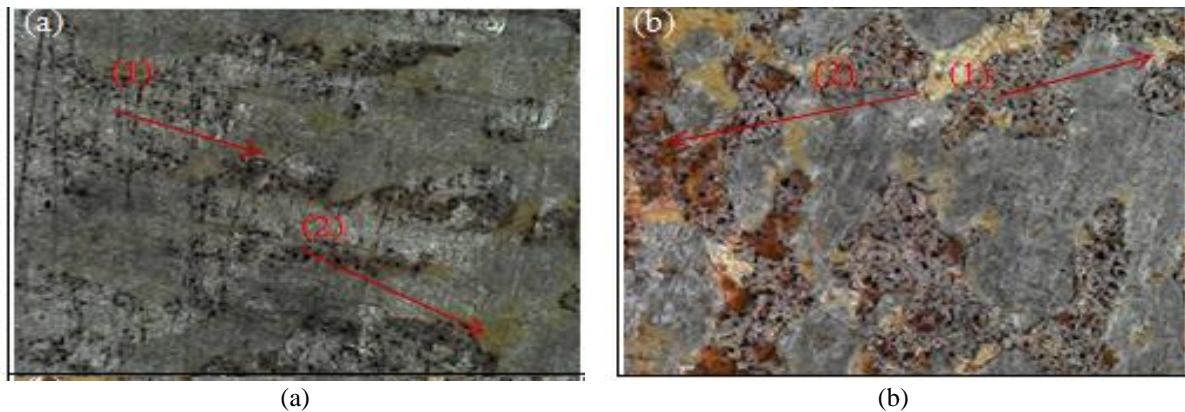
Foto struktur makro pada material plat baja hitam dengan pembesaran 10 kali dengan menggunakan mikroskop USB. Foto struktur makro pada material plat baja hitam dengan pembesaran 10 kali dengan menggunakan mikroskop USB. Pada Gambar 3 (a) arah panah (1) hari ke 5 perendaman mulai terdapat

scale atau bercak yang berwarna abu-abu gelap di permukaan plat baja hitam, hal ini disebabkan proses pelepasan struktur karbon disebabkan lingkungan pada material plat baja hitam, pada penelitian [8] mengemukakan mengenai baja karbon yaitu disebabkan karena plat baja hitam termasuk baja karbon rendah yang rentang dan cepat terkena korosi terlebih lagi tidak ada inhibitor yang melindungi pada spesimen tersebut di permukaannya. Pada Gambar 3(a) pada arah panah (2) terlihat korosi bermunculan di beberapa titik pada permukaan yang tidak rata akibat pengamplasan yang kurang baik.

Pada Gambar 3(b) terlihat pada spesimen uji menyebabkan degradasi berlebihan pada plat baja hitam sehingga, terjadinya korosi *pitting* dimana terbentuknya rongga pada spesimen uji. Kegagalan material akibat korosi *pitting* terjadi melalui suatu penetrasi dengan persentase kehilangan berat (*weight loss*) yang sangat besar.

Hasil Uji Struktur Makro Menggunakan Inhibitor 50 ppm

Dari hasil presentase grafik inhibitor 50 ppm merupakan inhibitor paling baik dibandingkan inhibitor lainnya adapun foto struktur makro dari larutan perendaman dengan konsentrasi 50 ppm sebagai berikut:



Gambar 4. Foto Struktur Makro Inhibitor 50 ppm

Pada gambar di atas menunjukkan hasil foto struktur makro antara inhibitor 50 ppm dan 200 ppm, pada Gambar 4 (a) terlihat arah panah (1) terlihat bercak berwarna abu-abu gelap, hasil ini serupa terjadi pada Gambar 3 (a) tanpa menggunakan inhibitor. Hal ini disebabkan di hari ke 5 perendaman inhibitor belum dapat bekerja dengan baik. Pada Gambar 4 (a) arah panah (2) terlihat pada permukaan plat baja hitam terdapat struktur berwarna kekuningan, hal ini merupakan inhibitor dengan jumlah sedikit yang belum dapat berkerja dengan baik di hari ke 5 perendaman.

Pada Gambar 4 (b) terlihat pada arah panah (1) menunjukkan adanya inhibitor pada permukaan plat baja hitam yang membuat struktur lapisan pelindung terhadap material tersebut [9]. Pada gambar 4 arah panah (2) menunjukkan titik lain pada permukaan terlihat struktur hitam di beberapa titik, hal ini disebabkan faktor inhibitor yang sudah lama melapisi permukaan plat baja hitam sehingga, bertransformasi menjadi warna hitam.

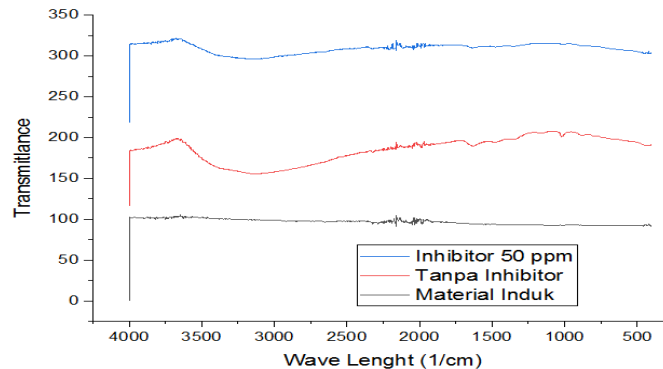
4. Hasil Uji FTIR Pada Plat Baja Hitam

Tiga plat baja hitam dengan diberi perlakuan yang berbeda yaitu plat baja hitam tanpa perendaman, plat baja hitam dengan perendaman tanpa inhibitor, dan plat baja hitam dengan penambahan inhibitor bawang dayak. Berikut adalah gambar grafik hasil pengujian FTIR.

Pada gambar di atas dapat diamati *peak-peak* yang terdeteksi setelah pengujian FTIR plat baja hitam. Terdapat perbedaan *peak* untuk material plat baja hitam tanpa perendaman dan setelah dilakukan perendaman menggunakan inhibitor 50 ppm dan tanpa inhibitor. Pada penelitian [10] *peak-peak* tersebut kemudian diidentifikasi gugus fungsi atau senyawa kimia apa saja yang terdapat dalam grafik. Hal ini

berjuan mengetahui perbandingan gugus fungsi atau senyawa kimia yang terbentuk pada ketiga material plat baja hitam yang diberikan perlakuan berbeda. Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian FTIR.

Pada *range wave length* pertama terlihat senyawa C-H pada plat baja hitam dengan tanpa inhibitor dengan hasil *peak* lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum perendaman dan setelah perendaman menggunakan inhibitor 50 ppm. Pada *peak* selanjutnya dengan nilai 2189.67 dan 2167.47 tidak ada yang berkaitan selama perendaman berlangsung selain gugus fungsi dari materi plat baja hitam. Pada *peak* ketiga dengan nilai 1735.09 dengan *range wave length* 1740-1420 terdapat senyawa α -Pyrones C=O, dimana senyawa tersebut memiliki nilai lebih tinggi terjadi ketika tanpa inhibitor dibandingkan dengan inhibitor.



Gambar 5 Grafik Hasil Uji FTIR Pada Plat Baja Hitam (Tanpa Perendaman, Setelah Perendaman Tanpa Inhibitor, dan Perendaman Menggunakan Inhibitor 50 ppm)

Peak selanjutnya dengan nilai 1540.73 dengan *range wave length* 1500-1300 dengan senyawa O-H dimana senyawa tersebut lebih banyak terdapat pada penggunaan inhibitor dibandingkan dengan menggunakan inhibitor. Pada *peak* selanjutnya dengan nilai 1105.77 dengan *range wave length* 1200-1060 dengan teridentifikasi senyawa C-O dimana pada kondisi tersebut lebih banyak terdapat sebelum perendaman dibandingkan setelah perendaman dan menggunakan inhibitor.

Peak selanjutnya dengan nilai 884.52 dengan *range wave length* 895-650 dengan senyawa N-H dimana senyawa tersebut memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum perendaman dan *peak* berikutnya dengan nilai 470.19 dengan *range wave length* 540-400 dimana terdapat senyawa S-S pada senyawa aromatic yang terbentuk pada plat baja hitam lebih tinggi terjadi setelah penambahan inhibitor 50 ppm dibandingkan dengan sebelum perendaman.

IV. KESIMPULAN

1. Pengaruh laju korosi plat baja hitam dengan berbagai konsentrasi perendaman inhibitor bawang dayak menyajikan hasil yakni:
 - 50 ppm dengan nilai 0,081 mm/year
 - 100 ppm dengan nilai 0,091 mm/year
 - 150 ppm dengan nilai 0,093 mm/year
 - 200 ppm dengan nilai 0,099 mm/year
2. Nilai laju korosi rata-rata terendah selama 30 hari perendaman terjadi pada konsentrasi inhibitor 50 ppm dengan nilai kehilangan berat 0.081 mm/year, penambahan inhibitor bawang dayak dapat menurunkan laju korosi plat baja hitam dengan efisiensi nilai rata-rata maksimal sebesar 35.85% pada konsentrasi inhibitor 50 ppm.

3. Penambahan inhibitor bawang dayak dalam larutan air laut dapat menurunkan laju korosi berdasarkan pengujian FTIR diketahui terdapat senyawa Aldehydes C-H, Saturated primary N-H, dan aromatic S-S.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.T.D. Christiyanto, "Pengaruh Lingkungan Pantai Terhadap Laju Korosi Dan Sifat Mekanik Pada Baja Karbon Sedang Dengan Perlakuan Panas Quenching Dan Normalizing," Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, Indonesia, 2017.
- [2] A.A. Maidhah, "Pengaruh Aliran Dan Konsentrasi Inhibitor Suplemen Vitamin C Terhadap Proteksi Korosi Baja API 5L Grade B Pada Lingkungan Asam PH 5," Tugas Akhir, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2015.
- [3] A.A. Maidhah, "Pengaruh Inhibitor Paracetamol Terhadap Laju Korosi Material System Bahan Bakar Di Lingkungan Bensin Pertalite," Tesis, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia, 2018.
- [4] I. Lestari, R. Nisa, N. Sakinah, Mardiah, "Studi Laju Korosi Logam Aluminium dengan Penambahan Inhibitor dari Ekstrak Daun Karamunting (*Rhodomyrtus Tomentosa*) dalam Larutan NaOH," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 7, no. 1, Juni 2018.
- [5] Ansar, "Studi Laju Korosi Plat Baja Hitam Dengan Penambahan Inhibitor Astaxanhtin," Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia, 2022.
- [6] Asdar, "Studi Laju Korosi Plat Baja Hitam Dengan Penambahan Inhibitor Bawang Lanang (*Allium Sativum Solo Garlic*)," Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia, 2022.
- [7] Miranda, "Analisis Laju Korosi Pada Logam Melalui Proses Dipcoating Larutan Elektrolit," *Jurnal Hadron*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [8] M. Nasution, "Karakteristik Baja Karbon Terkorosi Oleh Air Laut," *Buletin Utama Teknik*, vol. 14, no. 1, 2018.
- [9] Trethewey, *Diktat Kulliah Korosi*, Surabaya: Departemen Material Dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, 1999.
- [10] I.S. Dalimunthe, *Kimia Dari Inhibitor Korosi*, Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara, 2004.