

ANALISIS PENGARUH KELEMBABAN TERHADAP LAJU KOROSI MENGUNAKAN RIMPANG JAHE MERAH SEBAGAI PENGHAMBAT LAJU KOROSI

¹Ayyi Husbani, ²Novrianti, ³Neneng Purnamawat, ⁴Richa Melysa, ⁵Rova Arfianti

Universitas Islam Riau

*Email: avyihusbani@eng.uir.ac.id

Abstrak

Korosi Baja merupakan salah satu permasalahan yang terjadi pada proses produksi sumur migas yang dapat mengurangi nilai material logam pada peralatan produksi seperti pada tubing, flowline dan pipa lainnya. Terjadinya korosi antara lain dipengaruhi oleh kelembaban udara dan temperature. Penanggulangan korosi dapat dilakukan dengan menggunakan inhibitor organik karena ramah lingkungan. Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium yang meneliti pengaruh kelembaban menggunakan inhibitor rimpang jahe merah terhadap pengurangan laju alir korosi. Rimpang jahe merah digunakan karena memiliki kandungan antioksidan phenol yang dapat menghambat laju alir korosi. Variabel yang digunakan adalah variasi kelembaban ruangan, 80%, dan 90% serta waktu inhibisi 72 jam, 144 jam, dan 216 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwasanya sampel dengan menambahkan inhibitor rimpang jahe merah pada kelembaban suhu ruangan, 80%, 90% mampu memaksimalkan penurunan laju korosi. Selain itu, pada sampel dengan penambahan inhibitor rimpang jahe menunjukkan semakin tinggi nilai kelembaban maka semakin tinggi laju korosi dimana laju korosi tertinggi adalah sebesar 0,1362 mmpy pada kelembaban 90%, sedangkan kelembaban terendah didapatkan pada *humidity* ruangan yaitu sebesar 0,0517 mmpy.

Kata kunci : Kelembaban, Korosi, Inhibitor, Jahe Merah, *Coating*

Abstract

Steel corrosion is one the problems that occur in the production process in oil and gas industries that can reduce material equipment such as tubing and flowline. corrosion is influenced by humidity and temperature. Corrosion can be control by using organic inhibitors because they are environmentally friendly. This research is a laboratory research that examines the effect of humidity using red ginger on reducing corrosion flow rate. Red ginger is used because it contains phenol antioxidants which can inhibit the corrosion flow rate. The variables used were variations in room humidity, 80%, and 90% and the inhibition time was 72 hours, 144 hours, and 216 hours. The results showed that the sample by adding red ginger inhibitor at room temperature humidity, 80%, 90% was able to maximize decrease in the corrosion rate. The sample with the addition of ginger inhibitor showed the higher the humidity value, the higher the corrosion rate where the highest corrosion rate was 0.1362 mmpy at 90% humidity, while the lowest humidity was obtained at room humidity of 0.0517 mmpy.

Keywords : *Humidity, Corrosion, Inhibitor, Red Ginger, Coating*

PENDAHULUAN

Korosi Baja yaitu pengurangan mutu logam yang diakibatkan oleh terdapatnya respon elektro kimia dengan lingkungannya. Korosi dapat menimbulkan masalah kerugian biaya dan menurunkan daya guna baja (Mulyaningsih, N., Pramono, C., & Prasetyo, 2018). Tubing ialah bahan logam yang rentan mengalami kerusakan dan

kehilangan fungsinya karena proses alami dengan sedikit korosi, tetapi sangat populer karena logam ini memiliki kapasitas untuk dipergunakan dalam berbagai macam keperluan (Kimia, 2019) (Handani & Elta, 2012). Terjadinya korosi didalam dunia migas memberikan efek yang besar pada berbagai bidang seperti terjadinya kebocoran yang mengakibatkan masuknya fluida formasi kedalam sumur bor, terhambatnya proses produksi karena pergantian dan terjadinya penambahan biaya operasional (Ludiana & Handani, 2012).

Pelapisan pada permukaan logam, perlindungan katodik dan penambahan inhibitor korosi merupakan metode yang dapat dipergunakan untuk menghambat korosi Baja. Proses pelapisan permukaan logam dari fluida yang bersifat korosif ataupun lingkungan sekitar digunakan metode *coating* (Afandi dkk, 2015). *Coating* dapat diaplikasikan pada tubing yang terpasang didalam tanah, diatas tanah atau didaerah transisi (Damayanti, 2018). Penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosedurnya yang sederhana (Aditama & Ginting, 2019). Berdasarkan bahan dasar pembuatannya, inhibitor korosi ini bisa dibedakan menjadi dua jenis yakni inhibitor yang berasal dari bahan organik dan anorganik (kayadoe, 2015). Inhibitor organik yaitu inhibitor yang terbuat dari bahan alami yang berasal serta tersedia oleh alam. Selain dapat menghambat laju korosi inhibitor organik juga mempunyai sifat *non-toksik*, ekonomis, mudah dihasilkan dan mudah terbiodegradasi. Peraturan lingkungan diberbagai daerah bahkan negara sudah menerapkan aturan ketat untuk izin penggunaan dan pembuangan inhibitor korosi. Peraturan ini mengharuskan suatu inhibitor korosi mempunyai sifat yang ramah lingkungan dan aman (Yanuar, Pratikno, Titah 2016).

Berikut beberapa contoh inhibitor organik yang telah berhasil diteliti. Daun pepaya berhasil sebagai inhibitor korosi karena memiliki kandungan senyawa kimia N-asetilglukosamida yang dapat menjadi penghambat terjadinya korosi. (Handani & Elta, 2012). Penelitian Pemanfaatan Ekstrak Daun Jambu Biji Dan Daun Mangga Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja ST-3 (Utomo dkk, 2019). Penelitian ini sudah dilakukan uji akselerasi laju korosi buat mengetahui efek konsentrasi inhibitor yang ditambahkan terhadap laju korosi dalam baja lunak pada larutan senyawa asam fosfat.

Penelitian ini akan menggunakan jahe merah karena memiliki senyawa *gingerol*. Senyawa *gingerol* dan turunannya memiliki kandungan dan aktivitas antioksidan yang tinggi (Hasanah, 2018), termasuk dalam kelompok antioksidan *phenolic* atau *fenolik* (Pradana, . Artinya akan membantu menghambat proses oksidasi pada logam. Kandungan senyawa *gingerol* dalam minyak jahe berkisar sekitar 20% sampai 30% berat jahe (Sidiq, 2017).

Dalam beberapa kondisi peralatan permukaan produksi migas yang didominasi dengan logam baja, logam baja rentan terhadap korosif yang mana salah satu faktor penyebab korosif yaitu adanya kelembaban pada daerah sekitarnya (Setiawan & Dewi, 2019). Kelembaban dapat menggambarkan kandungan konsentrasi uap air yang ada di udara. Perubahan tekanan sebagian uap air di udara berhubungan dengan perubahan suhu (wikipedia, 2022). Perubahan suhu yang terjadi disekitran fasilitas permukaan produksi migas sangat tidak diinginkan sebab hal tersebut dapat menyebabkan fasilitas pada permukaan produksi migas akan mengalami penurunan kualitas. Jika tidak dilakukan pencegahan maka fasilitas permukaan produksi akan mudah terbentuknya korosi. Beberapa kondisi yang akan menyebabkan terbentuknya korosi didunia industri minyak dan gas salah satunya ialah kondisi terbentuknya korosi akibat insulasi (Wilds, 2017) (Winnik, 2016).

Korosi baja sendiri merupakan peristiwa reaksi oksidasi. Peningkatan suhu akan meningkatkan laju reaksi oksidasi yang dalam hal ini adalah laju korosi (Haryono, 2010). Kelembaban yang berhubungan dengan suhu ini, diteliti untuk mengetahui nilai dari perubahan laju reaksi terhadap kelembaban agar dapat mengantisipasi perubahan lingkungan pada fasilitas permukaan produksi migas.

Ada beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi proses korosi antara lain suhu, kecepatan alir fluida, kosentrasi bahan korosif, oksigen, dan waktu kontak (haryono, 2010). Penelitian ini mengambil variasi kelembaban dari faktor suhu dan waktu kontak. Kedua faktor ini menjadi acuan dalam penelitian ini untuk membuktikan perubahan seperti apa yang terjadi terhadap laju korosi jika rimpang jahe dijadikan sebagai inhibitor organik.

METODE

Metodologi yang dilakukan pada penelitian adalah *Weight Loss*. Persiapan bahan dan alat dilakukan terlebih dahulu sebelum memulai penelitian. Adapun bahan yang dipergunakan adalah Rimpang Jahe Merah, Etanol, Aquades, Media Aplikasi (Tubing), *Silica Gel*. Ekstraksi rimpang jahe dilakukan dengan metode maserasi (Tririzqi, 2013) yaitu mempersiapkan rimpang jahe merah yang telah dibersihkan lalu diiris dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari, selanjutnya menghaluskan rimpang jahe menggunakan blender dan pengayakan menggunakan *sieve 50 mesh*. Siapkan gelas ukur, lalu masukkan 200 gram bubuk rimpang jahe merah yang telah dihaluskan menggunakan *sieve 50 mesh* dan dilarutkan kedalam 800 ml etanol. Filtrat rimpang jahe kemudian dipisahkan menggunakan *rotary evaporator*, filtrat tersebut diuapkan dengan suhu 50°C.

Sampel logam yang dipergunakan pada penelitian adalah sampel dengan ketebalan 1,3 cm dan dimensi 3,5 × 3,5 cm sebanyak 6 sampel. Selanjutnya, proses *coating* dilakukan dengan metode pengecatan (diolesi), larutan *coating* disiapkan dengan membuat larutan inhibitor ekstrak rimpang merah. Filtrat rimpang jahe merah yang digunakan sebanyak 6 ml (Sari, 2016).

Berdasarkan variasi kelembaban 65%, 70%, 75%, 80% diketahui bahwa semakin tinggi kelembaban maka semakin besar pula laju korosinya (Ganesya dkk, 2018). Selain itu, mempertimbangkan kelembaban daerah Kota Pekanbaru yang cukup tinggi yaitu sekitar 70%-85% dan bahkan bisa lebih mencapai 90%. Oleh karena itu, variabel yang digunakan ialah, variasi kelembaban ruangan, kelembaban 80% dan kelembaban 90%.

Sedangkan untuk waktu yang digunakan divariasikan menjadi 3 waktu yang berbeda dengan selang 3 hari yaitu 72 jam, 144 jam dan 216 jam untuk melihat perbedaan dari waktu kontaknya. Setelah melakukan pelapisan sampel kemudian sampel tersebut dimasukkan kedalam media inhibisi berupa wadah plastik dengan variasi waktu yang sama. Masing-masing 72 jam, 144 jam, 216 jam, serta dilakukan pengaturan variasi kelembaban ruangan, kelembaban 80% dan kelembaban 90% pada variasi sampel *coating* dengan menggunakan alat higrometer, lalu menutup wadah

tersebut menggunakan plastik *wrapping*. Jika telah selesai dilakukan pengujian inhibisi kelembaban selanjutnya menimbang berat akhir dari sampel logam.

Perhitungan laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode kehilangan berat, serta metode ini melakukan penimbangan material awal sebelum maupun sesudah terkorosif. Dalam penelitian ini untuk kelembaban akan dilakukan pengecekan kelembaban secara berkala dengan melihat perubahan cuaca ataupun suhu pada daerah sekitar menggunakan alat higrometer untuk mendapatkan hasil persentase yang efektif. Untuk mengetahui hilangnya berat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini (Afandi dkk, 2015) (Setiawan & Dewi, 2019) (Setiawan, 2018):

$$\Delta W = W_0 - W_2 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- ΔW = Kehilangan berat (gram)
- W_0 = Berat awal sampel uji (gram)
- W_2 = Berat akhir sampel uji (gram)

$$CR (mm/y) = \frac{(K \times W)}{A \times T \times D} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- CR = Corrosion rate / laju korosi (mm/y)
- K = Konstanta untuk mengubah satuan ($8,78 \times 10^6$)
- W = Berat yang hilang (gram)
- A = Luas area total (cm^2)
- T = Waktu exposure (jam)
- D = Massa jenis baja ($gram/cm^3$)

$$A = [2 \times \{(p \times l) + (p \times t)\}] + (l \times t) \dots\dots\dots(3)$$

Efisiensi inhibitor dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Efisiensi\ Inhibitor\ (\%) = \frac{(CR_{non\ inhibitor} - CR_{inhibitor})}{CR_{non\ inhibitor}} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

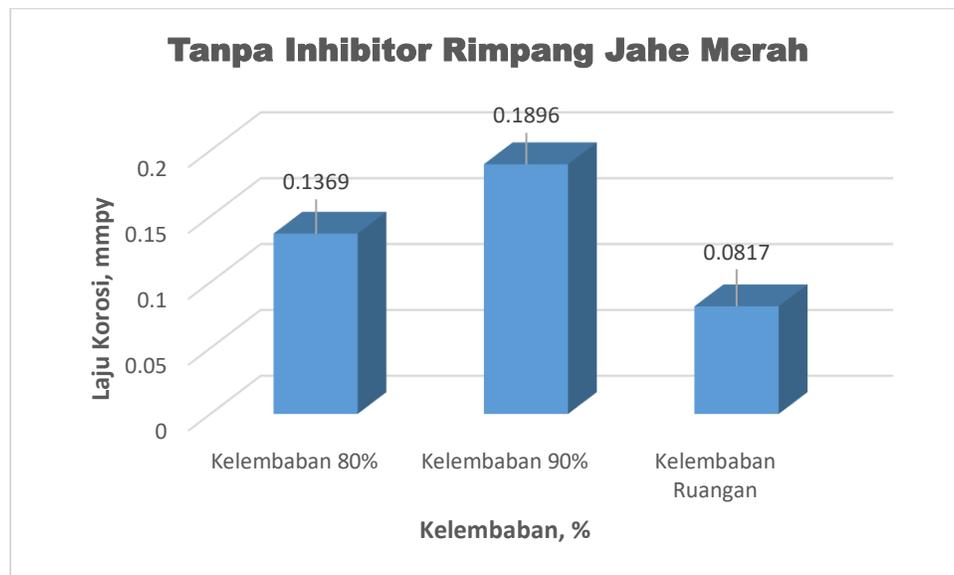
Adapun hasil penelitian yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Analisis variasi kelembaban terhadap laju korosi tanpa inhibitor rimpang jahe merah

Berikut hasil pengujian *weight loss* pada sampel tubing tanpa penambahan inhibitor dengan variasi kelembaban serta lama waktu inhibisi dapat dilihat pada tabel penelitian dibawah ini:

Tabel 1. Laju Korosi Tanpa Penambahan Inhibitor Rimpang Jahe Merah Terhadap Variasi Kelembaban Dan Lama Waktu Inhibisi

Sampel	Kelembaban	Berat Awal Tubing (gram)	Weight Loss (gram)			Corrosion Rate (mmpy)
			72 Jam	144 Jam	216 Jam	
Tanpa Rimpang Jahe Merah	80%	58,3916	0,0351	0,0416	0,0470	0,1369
	90%	58,8798	0,0415	0,0698	0,0679	0,1896
	Ruangan	58,4219	0,0162	0,0319	0,0316	0,0817



Gambar 1. Laju Korosi Tanpa Penambahan Inhibitor Rimpang Jahe Merah

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui laju korosi kelembaban 80% pada 72 jam yaitu sebesar 0,0351 (gram), pada 144 jam sebesar 0,0416, pada 216 jam sebesar 0,0470 (gram), dengan laju korosi pertahunnya menjadi sebesar 0,1369 (mmpy). Sedangkan laju korosi kelembaban 90% pada 72 jam sebesar 0,0415 (gram), waktu 144 jam sebesar 0,0689 (gram), waktu 216 jam sebesar 0,0679 (gram) dan dengan laju korosi pertahunnya sebesar 0,1896 (gram).

Adapun hasil laju korosi antara humidity 80% dan 90% menunjukkan benar bahwasanya semakin tinggi kelembaban maka semakin besar pula laju korosinya. Pada kelembaban 90% kandungan uap air yang terbentuk lebih banyak dibandingkan pada kelembaban 80%, karena pada keadaan tersebut jumlah kadar oksigen yang terdapat dibawah insulasi akan berkurang dan akan menyebabkan kelembaban yang relatif tinggi sehingga dapat terjadinya pengembunan (Abadi, 2021). Sedangkan pada kelembaban ruangan diwaktu 72 jam laju korosinya sebesar 0,0162, pada waktu 144 jam sebesar 0,0319 (gram) dan pada waktu 216 jam sebesar 0,0316 (gram), dengan laju pertahunnya sebesar 0,0817 (mmpy). Pada saat penelitian ini dilakukan persentase kelembaban nya sekitar 69% - 78% diukur berkala menggunakan alat higrometer yang mana pada dasarnya kelembaban untuk daerah pekanbaru sendiri yaitu 70%-85%, daerah ini rentan terhadap pembentukan korosi dalam waktu yang relatif cepat.

 a. Bentuk awal	 b. Inhibisi 72 Jam (kelembaban 80%)	 c. Inhibisi 144 Jam (kelembaban 80%)	 d. Inhibisi 216 jam (kelembaban 80%)
 a. Bentuk awal	 b. Inhibisi 72 Jam (kelembaban 90%)	 c. Inhibisi 144 Jam (kelembaban 90%)	 d. Inhibisi 216 jam (kelembaban 90%)



Gambar 2. Morfologi Sampel Tubing Tanpa Penambahan Inhibitor Pada Humidity 80%, 90% dan humidity ruangan

Berdasarkan Gambar 2 diatas terlihat terjadinya mekanisme korosi yang ditandai dengan adanya bercak berwarna kecoklatan pada permukaan sampel tubing. Dimulai dari sampel kelembaban ruangan ke kelembaban 80% tidak begitu menunjukkan perubahan warna yang signifikan, sedangkan pada kelembaban 90% terlihat perubahan yang besar terbentuk lebih banyak bercak-bercak karat pada permukaan sampel. Bercak karat yang berwarna kecoklatan ini terbentuk karena adanya kandungan pada kelembaban berupa unsur kimia (O_2) dan adanya kandungan uap air (H_2O) sehingga menyebabkan unsur Fe yang dimasukkan ada media inhibisi mengalami reaksi redoks, pada kelembaban ruangan sampel tubing mengalami oksidasi dari udara bebas (Supardi, 2015).

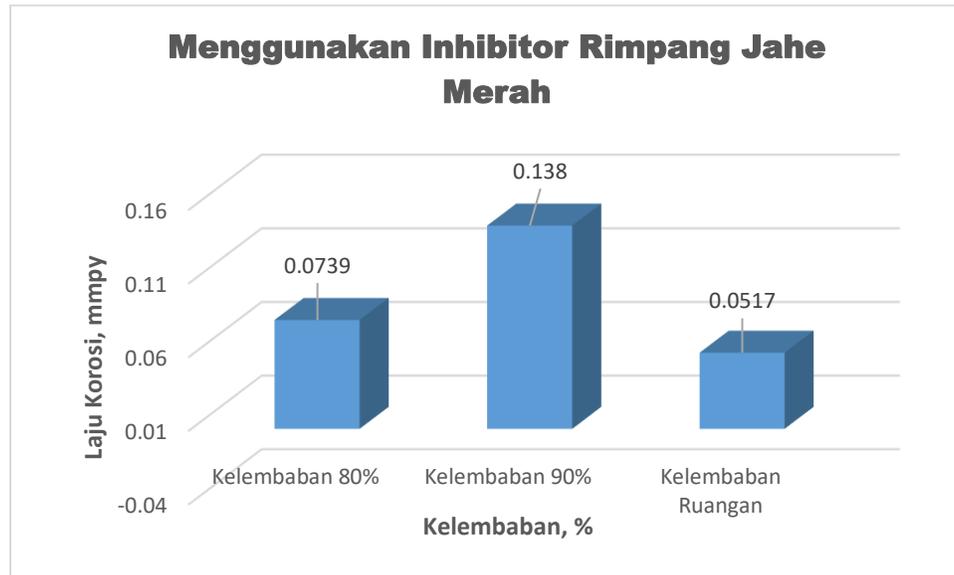
2. Analisis Variasi Kelembaban Terhadap Laju Korosi Menggunakan Inhibitor Rimpang Jahe Merah

Hasil dari pengujian *weight loss* pada sampel *coating* dengan penambahan inhibitor rimpang jahe merah dengan variasi kelembaban serta lama waktu inhibisi dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Laju Korosi Menggunakan Coating Inhibitor Rimpang Jahe Merah Terhadap Variasi Kelembaban Dan Lama Waktu Inhibisi

Sampel	Kelembaban	Berat Awal Tubing (gram)	Weight Loss (gram)			Corrosion Rate (mmpy)
			72 Jam	144 Jam	216 Jam	

Coating Rimpang Jahe Merah	80%	57,4064	0,0135	0,0164	0,0159	0,0739
	90%	57,9546	0,0342	0,0466	0,0439	0,1380
	Ruangan	57,5225	0,0190	0,0225	0,0251	0,0517



Gambar 3. Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Rimpang Jahe Merah

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 3, kelembaban ruangan untuk laju korosi bernilai rendah. Seiring dengan peningkatan kelembaban ruangan ke kelembaban 80%, laju korosi mengalami peningkatan dan hingga laju korosi dititik tertinggi pada kelembaban 90%. Perbandingan peningkatan kelembaban tersebut dapat disimpulkan semakin tinggi nilai kelembaban udara (*humidity*) maka semakin tinggi pula laju korosi (Alzam dkk 2021).

Peningkatan kelembaban akan meningkatkan pembentukan lapisan oksidasi dipermukaan material. Pada saat kelembaban 90%, kecepatan laju korosi naik secara eksponensial. Nilai kelembaban berpengaruh terhadap pembentukan lapisan berupa karat dipermukaan sampel tubing. Di saat kelembaban 90%, kandungan uap airnya lebih banyak dibandingkan pada kelembaban 80% dan kelembaban ruangan. Kelembaban ruangan sendiri tergantung terhadap perubahan kelembaban didaerah atau sekitarnya. Untuk pengujian ini, kelembaban ruangan dilakukan pada kelembaban 69% - 78% diukur berkala menggunakan alat higrometer yang mana pada dasarnya kelembaban untuk

daerah Pekanbaru sendiri yaitu 70%-85%, daerah ini rentan terhadap pembentukan korosi dalam waktu yang relatif cepat.

Morfologi pada permukaan sampel tubing yang ditambahkan inhibitor sebagai bahan *coating* dengan variasi kelembaban dan variasi inhibisi.



Gambar 4. Morfologi Sampel Tubing Dengan Coating Inhibitor Pada Kelembaban 80%, 90% dan Kelembaban ruangan

Berdasarkan hasil pengamatan morfologi menggunakan kamera handphone dari sampel *coating* inhibitor rimpang jahe merah yang terlihat pada Gambar 4, kelembaban 80% *coating* melapisi pada beberapa bagian permukaan tubing dengan terlihat bercak berwarna kecoklatan. Sedangkan pada kelembaban 90% *coating* yang melapisi sampel tubing mengalami kerusakan atau terlihat bercak yang lebih banyak dibagian permukaannya. Lalu, pada pengamatan morfologi kelembaban ruangan, korosi ditunjukkan dengan adanya kerusakan pada permukaan sampel lebih sedikit. Hal ini

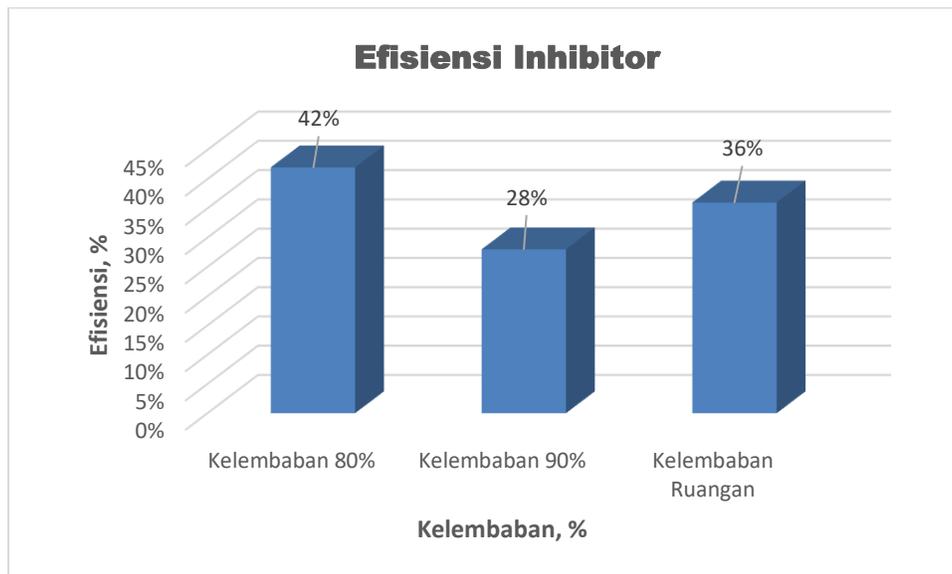
disebabkan karena sampel tubing mengalami oksidasi oleh udara, dan udara tersebut selalu berganti sehingga terjadilah kerusakan (korosi).

3. Analisis Perbandingan Persentase Penurunan Laju Korosi

Tabel 3 dan Gambar 5 berikut ini memperlihatkan efisiensi Inhibitor pada variasi kelembaban 80%, 90%, dan kelembaban ruangan.

Tabel 3 Efisiensi Inhibitor Terhadap Variasi Kelembaban

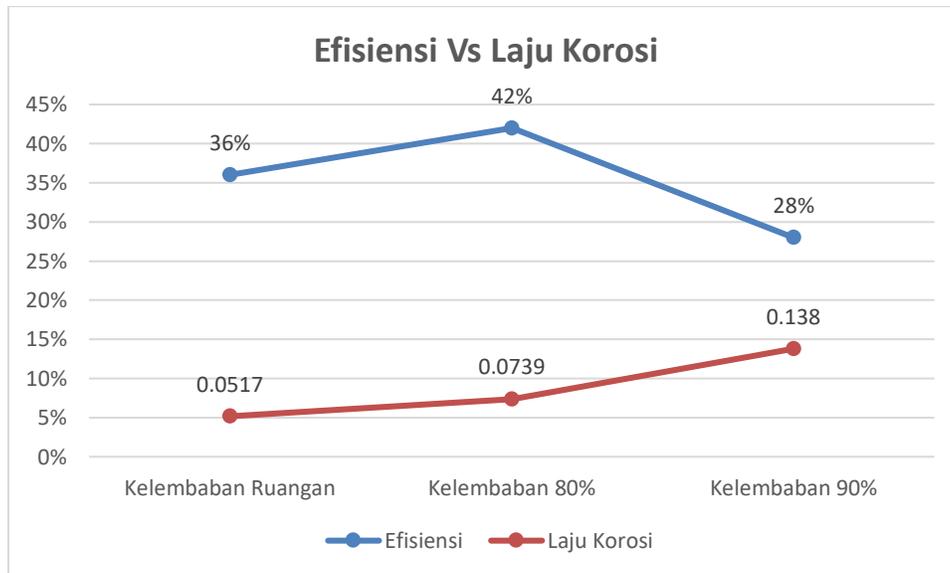
Kelembaban	Efisiensi Inhibitor
80%	42%
90%	28%
Ruangan	36%



Gambar 5 Perbandingan Efisiensi Inhibitor Terhadap Variasi Kelembaban

Hasil penelitian yang dilakukan dengan penambahan inhibitor jahe merah sebagai material *coating* dapat mengurangi laju korosi. Nilai dari efisiensi inhibitorynya akan meningkat karena waktu pengujian sampel yang singkat (Lusiana Br Turnip, Sri handani, 2015).

Gambar 6 memperlihatkan peningkatan kelembaban menyebabkan laju korosi meningkat namun tidak berlaku untuk efisiensi inhibitor. Nilai efisiensi inhibitor sempat mengalami kenaikan dari kelembaban ruangan ke kelembaban 80%, akan tetapi menjadi turun dengan cukup signifikan mengingat perbedaan antara 80% dan kelembaban 90% hanya selisih 10%. Artinya efisiensi inhibitor dan laju korosi dapat dikatakan berbanding terbalik dengan adanya perubahan dari kelembaban yang diteliti.



Gambar 6 Efisiensi Inhibitor Vs Laju Korosi Terhadap Kelembaban

Pada kelembaban 90% memiliki nilai efisiensi inhibitor yang rendah karena senyawa phenol atau antioksidan yang ada pada inhibitor belum teradsorpsi secara sempurna karena terdapat kandungan uap air yang tinggi dan laju korosi juga meningkat (Ali, Saputri, and Nugroho 2014). Sedangkan pada kelembaban ruangan dan humidity 80% nilai efisiensi inhibitor lebih tinggi maka dapat diartikan bahwa kemampuan dari inhibitor berkerja cukup baik dan dapat dilihat dari nilai laju korosinya yang juga rendah. Turunnya nilai efisiensi inhibitor disebabkan senyawa Fe-fenol dalam menahan laju korosi mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat melapisi permukaan sampel tubing dengan baik (Ali, Saputri, and Nugroho 2014).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan inhibitor jahe merah kedalam material *coating* dapat menurunkan laju korosi baja secara signifikan karena

adanya kandungan antioksidan phenol pada inhibitor jahe merah dapat membuat sampel lebih terproteksi. Selain itu, peningkatan kelembaban dapat mempengaruhi laju korosi yang didapatkan, semakin tinggi nilai kelembaban maka semakin tinggi laju korosinya. Pada hasil penelitian didapat nilai laju korosi mengalami peningkatan pada kelembaban 90% sebesar 0,1362 mmpy dan kelembaban terendah didapatkan pada kelembaban ruangan sebesar 0,0517 mmpy.

DAFTAR REFERENSI

- Alzam dkk. (2021). *Pengaruh Temperatur Dan Kelembaban Udara Terhadap Laju Korosi Pada Baja St 37. Jurnal Vokasi Mekanika*, 3 (1), 99–104.
- Aditama, R.Y.; Ginting, E.; & Syafriadi. (2019). *Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (Carica papaya L) Sebagai Inhibitor Pada Baja Karbon AISI 1020 dalam Medium Korosif NaCl 3%. Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 7(1), 69-76.
- Ali, F.; Saputri, D.; & Nugroho, R. F. (2014). *Pengaruh Waktu Perendaman Dan Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium Guajava, Linn) Sebagai Inhibitor Terhadap Laju Korosi Baja SS 304 Dalam Larutan Garam Dan Asam. Jurnal Teknik Kimia*, 20(1), 28–37
- Damayanti, E. A., Antoko, B., Karuniawan B.W. (2018). *Analisis Laju Korosi dan Lifetime Pipa Underground Baja Karbon A53 dengan Wrapping Protection. Proceeding 3rd Conference of Piping Engineering and Its Application*, 193–198.
- Ganesya, A.B., Antoko, B., & Karuniawan, B.W. (2018). *Pengaruh Variasi Kelembaban , Temperatur Dan Ketebalan Cat Pada Material A53 Grade B Terhadap Laju Korosi Di Pt Pjb Ubjom Pacitan. Proceeding 3rd Conference of Piping Engineering and its Application*, 151–156.
- Handani, S., & Elta, M. S. (2012). *Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya Terhadap Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B Erw Dalam Medium Air Laut Dan Air Tawar. Jurnal Riset Kimia*, 5(2), 175-179.
- Haryono, G dkk. (2010). *Ektrak Bahan Alam Sebagai Inhibitor Korosi. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*. ISSN 1693 – 4393
- Hasanah, A. (2018). *Analisis Interaksi Senyawa Aktif Jahe (Zingiber Officinale) Yang Berpotensi Sebagai Antioksidan Pada Stress Oksidasi Yang Diinduksi Oleh Timbal*

- (Pb^{2+}). (Skripsi sarjana, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2018). Diakses dari <http://etheses.uin-malang.ac.id/13964/1/12620109.pdf>
- Kimia. (2019). *Peran Riset Kimia Dalam Menghadapi Industri 4.0* (Hadisantoso, E.P. dkk (editor). Prosiding: Seminar Nasional Kimia UIN Sunan Gunung Djati. ISBN: 978-602-53770-1-3
- Ludiana, Y., & Handani, S. (2012). *Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh (Camelia Sinensis) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW*. *Jurnal Fisika Unand*, 1(1), 12–18.
- Lusiana Br Turnip, Sri handani, S. (2015). *Pengaruh Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Manggis Terhadap Penurunan Laju Korosi Baja ST-37*. *Jurnal Fisika Unand*, 4(2), 144-149.
- Mulyaningsih, N., Pramono, C., & Prasetyo, R. T. (2018). *Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Eceng Gondok Terhadap Laju Korosi*. *Journal Of Mechanical Engineering*, 2(2), 39-45.
- Sari, D. P. (2016). *Efektivitas Ekstrak Daun Salam (syzygiumpolyantha L.) Sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon API 5L Di Media Korosi Nacl 3,5%* (Skripsi Sarjana, Universitas Lampung]. Diakses dari <https://adoc.pub/efektivitas-ekstrak-daun-salam-syzygium-polyantha-l-sebagai-.html>
- Setiawan, A. (2018). *Sintesis dan Karakterisasi ZnO sebagai Coating Antikorosi ZnO / Al (OH) 3 pada Material Baja Karbon*. *Jurnal Ilmu Bidang Kerekayasaan*, 39(1), 55–61.
- Setiawan, A., Dewi, A. K., & Mukhlis. (2019). *Pengaruh Surface Treatment Terhadap Ketahanan Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat*. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*. 11(1), 57-65.
- Sidiq, M. F., Hidayatullah S., Siswiyanti. (2017). *Analisa Pengaruh Inhibitor Ekstrak Rimpang Jahe Terhadap Laju Korosi Internal Pipa Baja St-41 Pada Air Tanah*. *Jurnal Simetris*, 8(1), 141–146.
- Supardi, J. (2015). *Analisa Tingkat Korosi Atmosferik Pada Baja Struktural Dikawasan Aceh Barat dan Nagan Raya*. *Jurnal Mekanova*, 1(1), 44–51.
- Tririzqi, F. (2013). *Ekstraksi Senyawa Gingerol dari Rimpang Jahe dengan Metode Maserasi Bertingkat*. (Skripsi Sarjana, Institut Pertanian Bogor, 2013). Diakses dari

<https://adoc.pub/queue/ekstraksi-senyawa-gingerol-dari-rimpang-jahe-dengan-metode-m.html>

Utomo, W.B, dkk (2019). *Pemanfaatan Ekstrak Daun Jambu Biji Dan Daun Mangga Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja St-37. Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat, 2019*, 119–123.

Wikipedia. (2022). Diakses pada 3 Desember 2022, dari <https://id.wikipedia.org/wiki/Kelembapan>

Wilds, N. (2017). *Trends in Oil and Gas Corrosion Research and Technologies: Production and Transmission // Corrosion under insulation*. Elsevier Ltd. 409-429.

Yanuar, A. P., Pratikno, H., & Titah, H. S. (2016). *Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan. Jurnal Teknik ITS, 5(2)*, 8–13.