PERBANDINGAN INHIBITOR KOPI DAN GETAH PEPAYA TERHADAP LAJU KOROSI INTERNAL PIPA SA106B

Ni'matut Tamimah[1)], Budi Prasojo[1)], Muhammad Fauzul Adhim Prastiko[1)], dan Aslam Chitami Priawan Siregar[2)]

[1]Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111
[2]Program Studi Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jalan Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, 60294

E-mail: nimatuttamimah@ppns.ac.id

Abstract

Internal corrosion in carbon steel pipelines is a critical problem because it can reduce pipe thickness, shorten service life, decrease safety, and increase maintenance costs. This study compares coffee and papaya latex as organic corrosion inhibitors for Carbon Steel SA 106 Grade B pipe exposed to sulfuric acid media. The experimental variables included inhibitor type, inhibitor concentration of 0, 200, 400, and 600 ppm, and H_2SO_4 concentration of 800 ppm. Before corrosion testing, the specimens were conditioned in inhibitor solutions for 120 h to allow the inhibitor compounds to interact with the metal surface. The specimens were immersed in H_2SO_4 solution for 168 h. The corrosion rate was determined using the weight loss method by comparing the specimen mass before and after immersion. The results show that both coffee and papaya latex were able to reduce the corrosion rate, and the reduction became more significant as inhibitor concentration increased. Among the inhibitors, papaya latex showed the best performance at 600 ppm, reducing the corrosion rate to 0.3502 mm/year in 800 ppm H_2SO_4. These findings indicate that papaya latex is more effective than coffee and has potential as an environmentally friendly organic inhibitor for internal corrosion control in carbon steel pipelines.

Keywords*: internal corrosion, organic inhibitor, coffee, papaya latex, carbon steel*

Abstrak

Korosi internal pada pipa baja karbon merupakan masalah penting karena dapat mengurangi ketebalan pipa, memperpendek umur pakai, menurunkan keselamatan, dan meningkatkan biaya pemeliharaan. Penelitian ini membandingkan efektivitas kopi dan getah pepaya sebagai inhibitor korosi organik pada pipa baja karbon SA 106 Grade B dalam media asam sulfat. Variabel penelitian meliputi jenis inhibitor dan konsentrasi inhibitor sebesar 0, 200, 400, dan 600 ppm, dengan konsentrasi H_2SO_4 sebesar 800 ppm. Sebelum pengujian korosi, spesimen direndam dalam larutan inhibitor selama 120 jam agar senyawa inhibitor dapat berinteraksi dengan permukaan logam. Selanjutnya, spesimen direndam dalam larutan H_2SO_4 selama 168 jam. Laju korosi ditentukan menggunakan metode kehilangan massa dengan membandingkan massa spesimen sebelum dan sesudah perendaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kopi dan getah pepaya mampu menurunkan laju korosi, dengan penurunan yang semakin besar seiring peningkatan konsentrasi inhibitor. Getah pepaya memberikan kinerja terbaik pada konsentrasi 600 ppm, dengan laju korosi sebesar 0,3502 mm/tahun dalam larutan H_2SO_4 800 ppm. Temuan ini menunjukkan bahwa getah pepaya lebih efektif dibandingkan kopi dan berpotensi menjadi inhibitor organik ramah lingkungan untuk pengendalian korosi internal pada pipa baja karbon.

Kata Kunci: *korosi internal, inhibitor organik, kopi, getah pepaya, baja karbon*

PENDAHULUAN

Korosi merupakan proses degradasi material logam akibat reaksi kimia atau elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya. Dalam sistem industri, korosi menjadi salah satu permasalahan penting karena dapat menurunkan kekuatan material, mengurangi umur pakai komponen, serta meningkatkan risiko kegagalan operasi. Pada sistem perpipaan, korosi tidak hanya menyebabkan penipisan dinding pipa, tetapi juga dapat menimbulkan kebocoran, penurunan tekanan, kontaminasi fluida, penghentian proses produksi, hingga peningkatan biaya inspeksi, perawatan, dan penggantian komponen. Oleh karena itu, pengendalian korosi menjadi aspek penting dalam menjaga keandalan dan keselamatan sistem perpipaan industri (Tamimah N, 2023).

Korosi pada pipa dapat terjadi pada bagian luar maupun bagian dalam. Korosi internal menjadi perhatian khusus karena kerusakannya tidak selalu terlihat dari permukaan luar pipa. Kondisi ini dapat menjadi lebih berbahaya apabila pipa digunakan untuk menyalurkan fluida yang bersifat korosif, seperti larutan asam. Menurut Jones (1996) dan Roberge (2000), laju korosi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis material, komposisi lingkungan, temperatur, konsentrasi media korosif, kecepatan aliran, serta waktu kontak antara logam dan fluida. Pada lingkungan asam, proses pelarutan logam cenderung berlangsung lebih cepat karena tingginya aktivitas ion hidrogen yang dapat mempercepat reaksi elektrokimia pada permukaan logam.

Carbon Steel SA 106 Grade B merupakan salah satu material yang banyak digunakan pada sistem perpipaan industri karena memiliki sifat mekanik yang baik, mudah difabrikasi, dan relatif ekonomis. Material ini umum digunakan pada sistem perpipaan bertekanan dan bertemperatur tinggi, seperti pada industri minyak dan gas, petrokimia, pembangkit listrik, serta sistem utilitas industri. Meskipun demikian, baja karbon memiliki ketahanan korosi yang terbatas, terutama ketika beroperasi dalam lingkungan asam. Hal ini disebabkan oleh komposisi utama baja karbon yang didominasi oleh besi, sehingga mudah mengalami oksidasi dan pelarutan ketika kontak langsung dengan media agresif seperti H_2SO_4.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengurangi laju korosi adalah penambahan inhibitor. Inhibitor korosi merupakan senyawa yang ditambahkan dalam jumlah kecil ke dalam lingkungan korosif untuk memperlambat reaksi korosi pada

permukaan logam. Inhibitor dapat bekerja melalui beberapa mekanisme, yaitu membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam, menghambat reaksi anodik, menghambat reaksi katodik, atau melalui proses adsorpsi molekul aktif pada permukaan baja. Dengan adanya lapisan inhibitor, kontak langsung antara permukaan logam dan media asam dapat dikurangi sehingga laju korosi menjadi lebih rendah.

Inhibitor organik menjadi salah satu jenis inhibitor yang banyak diteliti karena berpotensi lebih ramah lingkungan dibandingkan beberapa inhibitor anorganik yang dapat bersifat toksik. Menurut Al-Amiery et al. (2023), inhibitor organik efektif karena umumnya mengandung gugus fungsi aktif dan atom hetero seperti oksigen, nitrogen, dan sulfur. Atom-atom tersebut memiliki pasangan elektron bebas yang dapat berinteraksi dengan permukaan logam. Interaksi ini memungkinkan terbentuknya lapisan adsorpsi yang dapat melindungi baja dari serangan ion agresif dalam larutan asam. Selain itu, inhibitor berbahan alam juga memiliki keunggulan karena mudah diperoleh, murah, dapat terurai secara alami, dan relatif aman digunakan.

Kopi dipilih sebagai salah satu inhibitor organik karena mengandung senyawa aktif seperti tanin, lignin, polifenol, dan kafein. Tanin dan polifenol memiliki gugus hidroksil yang dapat berinteraksi dengan permukaan logam, sedangkan kafein mengandung atom nitrogen dan oksigen yang berpotensi membantu proses adsorpsi. Senyawa-senyawa tersebut diduga mampu membentuk lapisan pelindung pada permukaan baja sehingga mengurangi kontak langsung antara logam dengan larutan H_2SO_4. Beberapa penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa ekstrak kopi atau limbah ampas kopi berpotensi digunakan sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan pada logam dalam media asam (Sheilatina et al, 2023).

Selain kopi, getah pepaya juga berpotensi digunakan sebagai inhibitor organik. Getah pepaya mengandung berbagai senyawa aktif seperti flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, serta enzim proteolitik seperti papain. Senyawa flavonoid dan tanin memiliki gugus fungsi yang dapat berinteraksi dengan permukaan baja, sedangkan senyawa organik lain dapat memperkuat pembentukan lapisan pelindung. Mekanisme perlindungan getah pepaya terhadap korosi diduga terjadi melalui adsorpsi senyawa aktif pada permukaan logam (Iheaturu, N. C., et al. 2024). Lapisan adsorpsi tersebut dapat menghambat reaksi pelarutan besi dan menekan reaksi reduksi ion hidrogen dalam media asam.

Dengan demikian, penelitian mengenai penggunaan kopi dan getah pepaya sebagai inhibitor organik pada pipa Carbon Steel SA 106 Grade B dalam media H_2SO_4 penting dilakukan. Penelitian ini tidak hanya relevan untuk menyelesaikan permasalahan korosi internal pada sistem perpipaan industri, tetapi juga mendukung pemanfaatan bahan alam sebagai alternatif inhibitor yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai inhibitor yang lebih efektif dalam menurunkan laju korosi pipa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium dengan metode Immersion Test. Material uji berupa potongan pipa Carbon Steel SA 106 Grade B berdiameter 8 inci. Spesimen uji (Gambar 1) disiapkan dengan ukuran panjang 50 mm dan lebar 25 mm, kemudian dibersihkan secara mekanis untuk menghilangkan kotoran dan produk oksida awal. Setiap spesimen ditimbang sebelum dan sesudah pengujian untuk memperoleh data kehilangan massa sebagai dasar perhitungan laju korosi menggunakan metode weight loss sesuai prinsip ASTM G31-72 dan ASTM G1-03.



Gambar 1. Spesimen Uji

Variabel bebas penelitian meliputi jenis inhibitor, konsentrasi inhibitor, dan konsentrasi media korosif. Jenis inhibitor terdiri atas kopi dan getah pepaya. Konsentrasi inhibitor divariasikan menjadi 0 ppm sebagai kontrol, 200 ppm, 400 ppm, dan 600 ppm. Media korosif yang digunakan adalah H2SO4 dengan konsentrasi 800 ppm dan 1200 ppm. Spesimen yang menggunakan inhibitor direndam terlebih dahulu dalam larutan inhibitor selama 120 jam, kemudian diuji dalam media H2SO4 selama 168 jam pada

temperatur ruang dengan kondisi fluida dinamis. Rancangan variabel penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1
Rancangan variabel penelitian

Parameter	Keterangan
Material uji	Pipa Carbon Steel SA 106 Grade B diameter 8 inci
Ukuran specimen	50 mm x 25 mm
Jenis inhibitor	Kopi dan getah pepaya
Konsentrasi inhibitor	0 ppm, 200 ppm, 400 ppm, dan 600 ppm
Media korosif	H2SO4 800 ppm
Waktu perendaman inhibitor	120 jam
Waktu immersion test	168 jam
Metode analisis	Weight loss, efisiensi inhibitor, dan remaining life

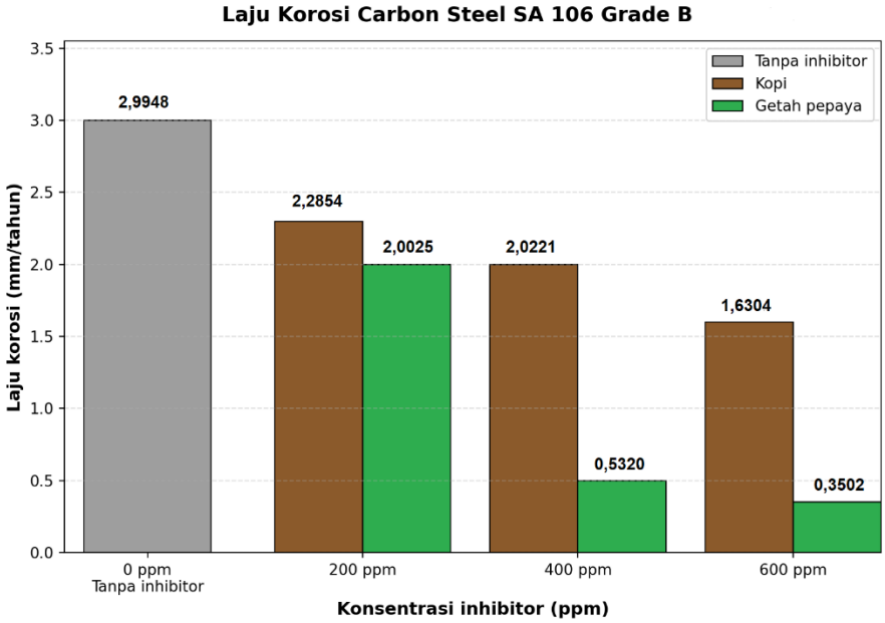
Laju korosi dihitung menggunakan metode kehilangan berat pada Persamaan (1):

$$CR = \frac{K \times W}{A \times t \times \rho} \qquad (1)$$

dengan CR sebagai laju korosi, K sebagai konstanta konversi satuan, W sebagai kehilangan berat spesimen, A sebagai luas permukaan spesimen yang terpapar larutan, $t$sebagai waktu pengujian, dan ρ sebagai densitas material. Data hasil pengujian kemudian dibandingkan untuk menentukan inhibitor organik yang paling efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan inhibitor kopi maupun getah pepaya mampu menurunkan laju korosi dibandingkan kondisi tanpa inhibitor. Pada media H2SO4 800 ppm, laju korosi kontrol tanpa inhibitor sebesar 2,9948 mm/year. Penambahan inhibitor kopi pada konsentrasi 200 ppm, 400 ppm, dan 600 ppm menurunkan laju korosi menjadi 2,2854 mm/year, 2,0221 mm/year, dan 1,6304 mm/year. Pada kondisi yang sama, getah pepaya menghasilkan laju korosi lebih rendah, yaitu 2,0025 mm/year, 0,5320 mm/year, dan 0,3502 mm/year. Data perbandingan laju korosi Carbon Steel SA 106 Grade B dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Grafik perbandingan laju korosi pada media H2SO4 800 ppm dan 1200 ppm

Kecenderungan penurunan laju korosi seiring peningkatan konsentrasi inhibitor menunjukkan adanya kontribusi senyawa aktif dalam membentuk lapisan penghambat pada permukaan baja. Lapisan ini diduga mengurangi kontak langsung antara logam dan ion-ion agresif dalam larutan H2SO4. Efek proteksi getah pepaya yang lebih tinggi dibandingkan kopi dapat dikaitkan dengan kandungan flavonoid, tanin, dan enzim proteolitik yang berpotensi memperkuat proses adsorpsi pada permukaan logam. Namun, karena penelitian ini menggunakan metode weight loss, mekanisme adsorpsi tersebut masih perlu dikonfirmasi lebih lanjut dengan pengujian permukaan seperti SEM, FTIR, atau analisis elektrokimia (Desai P D, 2023).

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas inhibitor dipengaruhi oleh jenis bahan organik, konsentrasi inhibitor, dan konsentrasi media korosif. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor, semakin banyak senyawa aktif yang tersedia untuk menutupi permukaan logam, sehingga laju korosi menurun. Berdasarkan parameter laju korosi, efisiensi inhibitor, dan remaining life, getah pepaya pada konsentrasi 600 ppm merupakan perlakuan paling efektif dalam penelitian ini.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, inhibitor kopi dan getah pepaya sama-sama dapat menurunkan laju korosi internal pada pipa Carbon Steel SA 106 Grade B dalam media

H2SO4. Penurunan laju korosi meningkat seiring kenaikan konsentrasi inhibitor dari 200 ppm hingga 600 ppm. Pada H2SO4 800 ppm, getah pepaya 600 ppm menghasilkan laju korosi terendah sebesar 0,3502 mm/year. Dengan demikian, getah pepaya lebih efektif dibandingkan kopi sebagai inhibitor organik pada kondisi pengujian ini. Penelitian lanjutan disarankan untuk menambahkan analisis permukaan dan uji elektrokimia agar mekanisme inhibisi dapat dijelaskan secara lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Amiery, A. A., Wan Isahak, W. N. R., & Al-Azzawi, W. K. (2023). Corrosion inhibitors: Natural and synthetic organic inhibitors. *Lubricants, 11*(4), 174. https://doi.org/10.3390/lubricants11040174

Alvian, A. B. R., Tamimah, N., & Wismawati, E. (2024). Analisa laju korosi dan perhitungan lifetime material carbon steel API 5L X52 pada subsea pipeline. *Proceedings of National Conference on Piping Engineering and Its Application*.

Desai, P. D., Pawar, C. B., Avhad, M. S., & More, A. P. (2023). Corrosion inhibitors for carbon steel: A review. *Vietnam Journal of Chemistry, 61*(1), 15–42. doi:10.1002/vjch.202200111

Iheaturu, N. C., Ofoegbu, S. U., Aharanwa, B. C., Akanbi, M. N., Udunwa, D. I., Ayo, K. O., Eke, A. N., Ogunsemore, B. O., Ndukwu, P. O., & Umeh, C. N. (2024). Bio-inhibitive corrosion effect of *Carica papaya* leaf extract on cold-rolled mild steel in 0.1 M HCl solution. *Journal of Engineering and Applied Science, 71*, Article 203. https://doi.org/10.1186/s44147-024-00538-z

Jones, D. A. (1996). *Principles and prevention of corrosion*. Prentice Hall.

Puzikova, D., Khussurova, G., Leontyeva, X., Kholkin, O., Kenzin, N., Zhurinov, M., & Peshaya, S. (2025). Review of organic corrosion inhibitors: Application with respect to the main functional group. *Journal of Saudi Chemical Society, 29*, Article 20. https://doi.org/10.1007/s44442-025-00021-1

Roberge, P. R. (2000). *Handbook of corrosion engineering*. McGraw-Hill.

Saputra, A., Hakim, A. R., Hamdani, M. Z., Alamsyah, A., & Amalia, Y. (2022). Natrium silikat sebagai inhibitor korosi pada pipa penyalur minyak bumi jenis carbon steel. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 5*(2). https://doi.org/10.30596/rmme.v5i2.10559

Sheilatina, S., Julinawati, J., Shara Fonna, S. F., & Fathurrahmi, F. (2023). Utilization of tannin extract from spent coffee ground (SCG) as a green corrosion inhibitor on ferrous metals in acidic and alkaline media. *Journal of Pharmaceutical*

and Sciences, 6(5), 168–176. https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i5-si.403

Singh, V., Kumar, S., Sihmar, A., Dahiya, H., Rani, J., Kumar, S., Abdi, G., & Tarighat, M. A. (2025). A sustainable and green method for controlling acidic corrosion on mild steel using leaves of *Araucaria heterophylla*. *Scientific Reports, 15*, Article 2225. doi:10.1038/s41598-025-86352-w

Tamimah, N., Budiyanto, E. N., Ahmad, M. M., Wardani, D., Mahardhika, P., & Ramadani, T. A. (2023). Pengaruh penambahan coating resin terhadap laju korosi pada pipa hydrant carbon steel. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-9, Series: Engineering and Science, 9*(1), 1047–1051.

Tamimah, N., Erawati, I., Wardani, D., Mahardhika, P., & Siregar, A. C. P. (2023). The effect of paint thickness coating on power radiated in above ground carbon steel pipe for fire hydrant system. In *Proceedings of the 5th International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science (iCAST-ES 2022)* (pp. 434–436). SCITEPRESS. https://doi.org/10.5220/0011811900003575