

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Pemanfaatan polimer LDPE (Low-Density Polyethylene) limbah palstik sebagai inhibitor korosi pada material baja jenis low-carbon ASTM A-53 pada pipa minyak fraksi berat

Rikki Martin Nababan^{1*}, Randy Yusuf Kurniawan, Farid², Nanda Syanur³^{1,2*}Prodi Rekayasa Minyak dan Gas, Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kec. Jatiagung, Lampung selatan^{3*}Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kec. Jatiagung, Lampung selatan

ARTICLE INFO

Keywords:
ASTM A-53, corrosion, LDPE, Coating, Weight loss

ABSTRACT

This study addresses the issue of corrosion in ASTM A53 carbon steel, which is widely used in the oil and gas industry. The objective of this research is to analyze the effectiveness of coatings derived from Low-Density Polyethylene (LDPE) plastic waste in reducing the corrosion rate in formation water media.

The methodology includes specimen preparation, synthesis of LDPE solution using toluene as a solvent, coating application through the dip-coating method, and corrosion testing using the weight loss method with variations in immersion time. Characterization was carried out using FTIR to identify the functional groups present in the protective coating layer.

The results show that the LDPE coating significantly reduces the corrosion rate compared to uncoated steel, where increasing the LDPE mass provides more optimal protection.

Pendahuluan

Pemilihan material konstruksi dalam industri minyak dan gas merupakan aspek krusial karena material tersebut harus mampu beroperasi dalam kondisi lingkungan yang kompleks dan ekstrem.

Kondisi operasi seperti suhu tinggi, tekanan besar, serta keberadaan fluida korosif seperti air formasi, CO₂, dan H₂S dapat mempercepat terjadinya degradasi material, khususnya baja karbon rendah yang umum digunakan pada sistem perpipaan [1], [2]. Baja ASTM A53 merupakan salah satu

*Corresponding author: rikki.122480051@student.itera.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.11317>

Received 4 April 2026; Received in revised form 21 April 2026; Accepted 30 April 2026

Available online 1 September 2026

material yang banyak diaplikasikan karena memiliki sifat mekanik yang baik, kemampuan las yang tinggi, serta biaya yang relatif ekonomis. Namun demikian, baja karbon memiliki kelemahan utama berupa ketahanan korosi yang rendah, sehingga rentan mengalami penurunan performa dan umur pakai dalam lingkungan agresif [3], [4].

Korosi merupakan proses degradasi material logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan sekitarnya yang dapat menyebabkan kerusakan struktural, kebocoran pipa, hingga kegagalan sistem secara keseluruhan [5]. Dalam industri minyak dan gas, korosi sering diperparah oleh keberadaan air formasi yang mengandung ion klorida tinggi serta gas asam yang bersifat reaktif [6]. Dampak korosi tidak hanya menimbulkan kerugian ekonomi, tetapi juga meningkatkan risiko keselamatan dan pencemaran lingkungan [7]. Oleh karena itu, diperlukan metode perlindungan yang efektif untuk mengendalikan laju korosi pada material baja.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengendalikan korosi, seperti proteksi katodik, penggunaan inhibitor, serta pelapisan permukaan [8]. Di antara metode tersebut, pelapisan (coating) menjadi salah satu pendekatan yang efektif karena mampu membentuk barrier fisik yang menghambat kontak langsung antara logam dan lingkungan korosif [9]. Namun, penggunaan pelapis konvensional sering menghadapi keterbatasan seperti biaya tinggi, degradasi jangka panjang, serta isu lingkungan [10].

Seiring dengan berkembangnya konsep keberlanjutan, pemanfaatan limbah plastik sebagai material pelapis antikorosi menjadi alternatif yang menarik. Low-Density Polyethylene (LDPE) merupakan salah satu jenis polimer yang memiliki sifat hidrofobik, tahan terhadap bahan kimia, serta mampu membentuk lapisan pelindung

yang efektif terhadap penetrasi air dan ion agresif [11]. Selain itu, ketersediaan LDPE sebagai limbah plastik dalam jumlah besar memberikan peluang untuk mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meningkatkan nilai guna material tersebut [12].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan LDPE sebagai material pelapis atau inhibitor mampu menurunkan laju korosi secara signifikan. Peningkatan massa atau ketebalan lapisan LDPE diketahui berbanding lurus dengan peningkatan efisiensi perlindungan terhadap korosi [13], [14]. Meskipun demikian, studi mengenai pemanfaatan LDPE limbah plastik sebagai inhibitor korosi pada baja ASTM A53 dalam lingkungan air formasi masih terbatas, khususnya yang dikaitkan dengan analisis karakterisasi kimia menggunakan FTIR untuk memahami mekanisme perlindungannya [15].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan polimer LDPE limbah plastik sebagai inhibitor korosi pada baja karbon rendah ASTM A53 dalam media air formasi. Pengujian dilakukan menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*) untuk menentukan laju korosi, serta didukung oleh karakterisasi FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan mekanisme interaksi antara lapisan pelapis dan permukaan baja. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material pelapis yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk aplikasi di industri minyak dan gas.

Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pelapisan berbasis limbah plastik LDPE dalam melindungi baja karbon ASTM A53 terhadap korosi di lingkungan minyak fraksi berat. Ruang lingkup penelitian mencakup penggunaan spesimen baja karbon rendah ASTM A53,

dengan fokus pada pengaruh massa pelapis LDPE dan durasi perendaman dalam media korosif. Material baja tidak dilakukan pengujian komposisi dan kekerasan karena difokuskan pada performa pelapisan. Pelapis yang digunakan berupa LDPE limbah plastik berwarna hitam, dan media korosif disimulasikan menggunakan air formasi untuk merepresentasikan kondisi lapangan minyak dan gas. Pengujian laju korosi dilakukan berdasarkan metode kehilangan massa (weight loss) sesuai standar ASTM. Spesimen diuji pada variasi waktu perendaman 3, 6, 9, 12, dan 15 hari, serta variasi massa LDPE 5, 10, 15, 20, dan 25 gram untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing parameter terhadap laju korosi.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Alat yang digunakan mencakup gerinda dan kertas amplas untuk preparasi permukaan, alat bor untuk pembuatan lubang penggantung spesimen, serta mesin ultrasonik untuk pembersihan lanjutan. Proses peleburan LDPE dilakukan menggunakan hot plate, beker gelas sebagai wadah, termometer untuk pengendalian suhu, dan aluminium foil untuk mencegah penguapan pelarut. Pelapisan baja dilakukan menggunakan wadah pelapisan, kawat pengikat, lemari asam, dan pH meter untuk memantau kondisi larutan. Karakterisasi lapisan dilakukan dengan FTIR untuk mendeteksi gugus fungsi LDPE dan senyawa korosi pada permukaan baja.

Bahan penelitian meliputi spesimen baja ASTM A53A, aseton dan aquades untuk pembersihan, limbah plastik LDPE, pelarut toluena, dan air formasi sebagai media korosif. Air formasi memiliki kandungan garam terlarut dan ion klorida tinggi, menciptakan lingkungan elektrolit yang agresif dan mempercepat korosi pada permukaan logam.

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dan deskriptif. Langkah-langkah utama meliputi: preparasi spesimen, sintesis LDPE, pelapisan spesimen, perendaman dalam air formasi, pengukuran kehilangan massa untuk perhitungan laju korosi menggunakan rumus:

$$R = \frac{K \times \Delta W}{A \times T \times D} \quad (1)$$

dengan R = laju korosi (mm/tahun), K = konstanta ($8,76 \times 10^4$), ΔW = kehilangan massa (g), A = luas permukaan (cm^2), T = waktu perendaman (jam), dan D = densitas baja (g/cm^3), dimana ΔW = kehilangan massa dihasilkan dari rumus:

$$\Delta W = W_{awal} - W_{akhir} \quad (2)$$

W_{awal} = Massa awal spesimen (gram)

W_{akhir} = Massa akhir spesimen setelah perendaman (gram)

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk memverifikasi terbentuknya gugus fungsi LDPE yang berkontribusi terhadap perlindungan korosi. Hasil dianalisis secara sistematis untuk menilai pengaruh massa pelapis dan durasi perendaman terhadap efektivitas perlindungan baja.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelapisan baja ASTM A53 menggunakan LDPE limbah plastik memberikan pengaruh signifikan terhadap laju korosi spesimen dalam media air formasi. Massa spesimen yang mengalami perendaman menurun seiring waktu akibat terjadinya reaksi elektrokimia, namun spesimen yang dilapisi LDPE menunjukkan penurunan massa yang lebih lambat dibandingkan spesimen tanpa pelapisan. Hal ini menandakan bahwa LDPE berperan sebagai lapisan penghalang yang mengurangi kontak langsung antara permukaan baja dengan ion-ion agresif dalam air formasi. Selain itu, peningkatan massa pelapis LDPE dari 5 gram hingga 25 gram cenderung menurunkan laju korosi secara bertahap, menunjukkan efektivitas pelapisan yang lebih baik pada konsentrasi pelapis yang lebih tinggi. Fenomena ini konsisten dengan prinsip proteksi fisik terhadap korosi, di mana ketebalan lapisan dan kontinuitas film pelindung sangat memengaruhi kemampuan perlindungan permukaan baja. Data laju korosi yang diperoleh dari metode kehilangan massa

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan laju korosi menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*), diperoleh nilai laju korosi pada masing-masing spesimen yang menunjukkan variasi sesuai dengan besarnya kehilangan massa selama waktu perendaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelapisan baja ASTM A53 menggunakan LDPE limbah plastik memberikan pengaruh signifikan terhadap laju korosi spesimen dalam media air formasi. Massa spesimen yang mengalami perendaman menurun seiring waktu akibat terjadinya reaksi elektrokimia, namun spesimen yang dilapisi LDPE menunjukkan penurunan massa yang lebih lambat dibandingkan spesimen tanpa pelapisan. Hal ini menandakan bahwa LDPE berperan sebagai lapisan penghalang yang mengurangi kontak langsung antara permukaan baja dengan ion-ion agresif dalam air formasi. Selain itu, peningkatan massa pelapis LDPE dari 5 gram hingga 25 gram cenderung menurunkan laju korosi secara bertahap, menunjukkan efektivitas pelapisan yang lebih baik pada konsentrasi pelapis yang lebih tinggi. Fenomena ini konsisten dengan prinsip proteksi fisik terhadap korosi, di mana ketebalan lapisan dan kontinuitas film pelindung sangat memengaruhi kemampuan perlindungan permukaan baja. Data laju korosi yang diperoleh melalui metode kehilangan massa (*weight loss method*) kemudian diklasifikasikan berdasarkan standar ASTM International (ASTM G31) dan NACE International, serta didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Ming Zhang dkk. dalam jurnal *Corrosion Science* yang berjudul "*A Review of Corrosion Prediction and Monitoring Techniques for Oil and Gas Pipelines*". Hasil pengklasifikasian laju korosi tersebut disajikan pada Tabel 1 di bawah ini. [16].

Tabel 1. Laju korosi spesimen baja ASTM A53 pada variasi pelapisan LDPE dan waktu perendaman

Variasi LDPE (Gram)	Hasil laju korosi /Corrosion Rate (mm/Year)	Pustaka (mm/Year) [16]	Kategori Korosi
0	0.581	>0.50	Korosi sedang (<i>moderate</i>)
5	0.332	0.10-0.50	Korosi rendah (<i>low</i>)
10	0.316	0.10-0.50	Korosi rendah (<i>low</i>)
15	0.282	0.10-0.50	Korosi rendah (<i>low</i>)
20	0.232	0.10-0.50	Korosi rendah (<i>low</i>)
25	0.149	0.10-0.50	Korosi rendah (<i>low</i>)

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, variasi jumlah LDPE sebagai bahan pelapis memberikan pengaruh yang jelas terhadap nilai *weight loss (W)* dan *corrosion rate (CR)* pada baja ASTM A53 steel. Pada kondisi 0 gram LDPE (tanpa pelapisan), diperoleh nilai *corrosion rate* sebesar 0,581 mm/year yang merupakan nilai tertinggi. Hal ini disebabkan karena tidak adanya lapisan pelindung sehingga permukaan logam langsung terpapar oleh lingkungan korosif, yang mempercepat terjadinya reaksi elektrokimia dan meningkatkan kehilangan massa material.

Pada variasi 5 gram LDPE, nilai *corrosion rate* menurun menjadi 0,332 mm/year. Penurunan ini menunjukkan bahwa lapisan LDPE mulai terbentuk dan berfungsi sebagai penghalang (*barrier layer*) yang membatasi kontak langsung antara permukaan logam dan media korosif. Meskipun demikian, lapisan yang terbentuk pada variasi ini belum sepenuhnya merata sehingga masih memungkinkan terjadinya korosi pada beberapa bagian permukaan.

Selanjutnya pada variasi 10 gram LDPE, nilai *corrosion rate* kembali menurun menjadi 0,316 mm/year. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah LDPE menghasilkan lapisan pelindung yang lebih tebal dan lebih merata dibandingkan variasi sebelumnya. Lapisan ini semakin efektif dalam menghambat difusi oksigen, air, dan ion agresif menuju permukaan logam, sehingga proses korosi dapat ditekan lebih baik.

Pada variasi 15 gram LDPE, nilai *corrosion rate* sebesar 0,282 mm/year menunjukkan tren penurunan yang konsisten. Lapisan LDPE pada kondisi ini mampu menutupi permukaan logam dengan lebih optimal, sehingga area aktif yang dapat mengalami reaksi korosi semakin berkurang. Hal ini berdampak pada menurunnya laju kehilangan massa material selama pengujian.

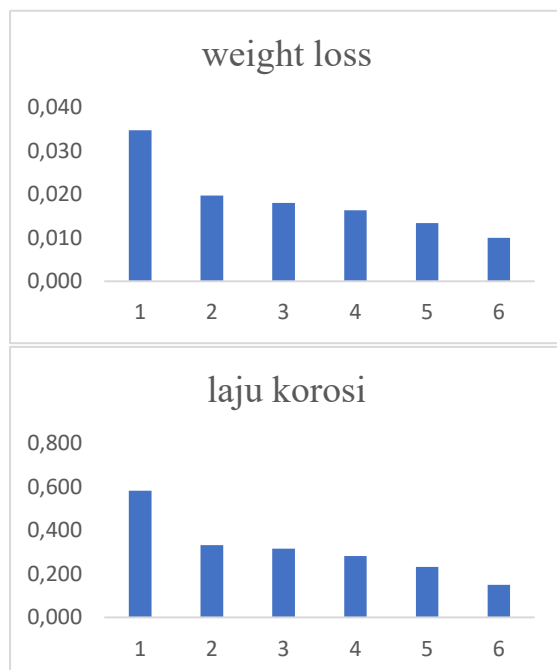
Pada variasi 20 gram LDPE, nilai *corrosion rate* semakin menurun menjadi 0,232 mm/year. Penurunan ini menunjukkan bahwa lapisan pelindung yang terbentuk semakin efektif dalam menghambat penetrasi zat korosif ke permukaan logam. Ketebalan dan homogenitas lapisan pada variasi ini memberikan perlindungan yang lebih baik dibandingkan variasi sebelumnya.

Nilai *corrosion rate* terendah diperoleh pada variasi 25 gram LDPE, yaitu sebesar 0,149 mm/year. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah LDPE yang lebih besar mampu membentuk lapisan pelindung yang paling optimal, sehingga

difusi zat korosif dapat ditekan secara maksimal. Lapisan ini bekerja secara efektif sebagai *protective coating* yang menghambat reaksi elektrokimia pada permukaan logam.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah LDPE berbanding terbalik dengan nilai *corrosion rate*. Semakin besar jumlah LDPE yang digunakan, maka semakin efektif lapisan pelindung yang terbentuk dalam mengurangi kehilangan massa material dan menekan laju korosi. Hal ini menegaskan bahwa LDPE memiliki potensi yang baik sebagai bahan pelapis untuk meningkatkan ketahanan korosi pada baja.

Grafik hubungan antara *weight loss* dan *corrosion rate* pada variasi LDPE disajikan pada gambar berikut, yang menunjukkan tren penurunan laju korosi seiring dengan peningkatan jumlah LDPE sebagai pelapis



Gambar 2. Grafik *weight loss* dan *corrosion rate*

Grafik hubungan antara *weight loss* (W) dan *corrosion rate* (CR) menunjukkan adanya tren yang konsisten, dimana kedua

parameter mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya jumlah LDPE yang digunakan sebagai pelapis pada baja ASTM A53 steel. Pada kondisi tanpa pelapisan (0 gram LDPE), nilai *weight loss* dan *corrosion rate* berada pada titik tertinggi, yang menunjukkan bahwa permukaan logam mengalami kehilangan massa yang besar akibat proses korosi yang berlangsung secara intensif. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya lapisan pelindung yang menghambat kontak langsung antara logam dan lingkungan korosif.

Seiring dengan penambahan LDPE dari 5 gram hingga 25 gram, terlihat bahwa nilai *weight loss* menurun dari 20 menjadi 10, sementara nilai *corrosion rate* juga menurun dari 0,15241 mm/year menjadi 0,07749 mm/year. Penurunan ini menunjukkan bahwa lapisan LDPE yang terbentuk semakin efektif dalam melindungi permukaan logam. Lapisan tersebut berfungsi sebagai *barrier layer* yang mampu menghambat difusi zat korosif seperti air, oksigen, dan ion agresif menuju permukaan baja, sehingga reaksi elektrokimia penyebab korosi dapat ditekan [17].

Selain itu, grafik juga menunjukkan bahwa hubungan antara *weight loss* dan *corrosion rate* bersifat searah, dimana penurunan kehilangan massa material diikuti oleh penurunan laju korosi. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua parameter tersebut saling berkorelasi dan dapat digunakan sebagai indikator dalam mengevaluasi tingkat kerusakan material akibat korosi. Semakin kecil nilai *weight loss*, maka semakin rendah nilai *corrosion rate* yang dihasilkan.

Secara keseluruhan, grafik tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah LDPE sebagai bahan pelapis memberikan pengaruh yang signifikan dalam menurunkan laju korosi. Hal ini menunjukkan bahwa LDPE efektif digunakan sebagai material pelapis dalam meningkatkan ketahanan korosi pada baja

melalui mekanisme perlindungan berbasis penghalang (*barrier protection*), sehingga mampu mengurangi kehilangan massa material dan memperpanjang umur pakai material.

Untuk mengevaluasi keberhasilan proses pelapisan, dilakukan pengamatan terhadap permukaan spesimen baja ASTM A53 steel setelah diberikan perlakuan pelapisan menggunakan LDPE. Evaluasi dilakukan melalui analisis morfologi permukaan serta pengukuran laju korosi guna mengetahui efektivitas lapisan dalam melindungi substrat baja. Hasil pelapisan LDPE kemudian dibandingkan dengan pelapisan lain, seperti coating berbasis epoksi, untuk menilai kemampuan masing-masing dalam membentuk *barrier layer* yang homogen dan memiliki daya lekat yang baik. Lapisan pelindung yang efektif diketahui mampu menghambat difusi zat korosif seperti air, oksigen, dan ion agresif menuju permukaan logam, sehingga reaksi elektrokimia penyebab korosi dapat ditekan secara signifikan[18][19][20]. Dengan demikian, perbandingan ini memberikan gambaran mengenai kinerja relatif pelapisan LDPE terhadap metode pelapisan konvensional dalam aplikasi industri minyak dan gas. Hasil pelapisan spesimen disajikan pada gambar berikut, yang menunjukkan terbentuknya lapisan polimer pada permukaan logam. Lapisan tersebut tampak menutupi permukaan spesimen dengan tingkat ketebalan dan homogenitas yang bervariasi sesuai dengan jumlah LDPE yang digunakan. Pengamatan ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa proses pelapisan telah berhasil dilakukan serta memberikan gambaran awal mengenai kualitas lapisan pelindung yang terbentuk sebelum dilakukan analisis lebih lanjut terhadap ketahanan korosi material.



a)

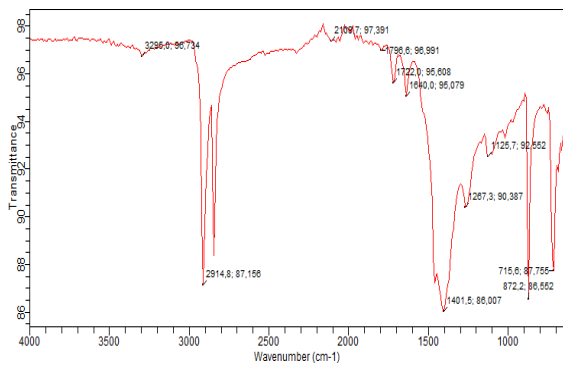


b)

Gambar 3. a) Hasil spesimen tanpa dilapisi, b) Hasil dari spesimen yang sudah dilapisi LDPE

Pada spesimen dengan variasi 25 gram LDPE, hasil pengamatan menunjukkan bahwa lapisan polimer yang terbentuk pada permukaan baja ASTM A53 steel terlihat paling merata, tebal, dan homogen dibandingkan dengan variasi lainnya. Lapisan ini mampu menutupi hampir seluruh permukaan logam tanpa terlihat adanya cacat signifikan seperti pori atau celah, sehingga memberikan perlindungan yang optimal terhadap penetrasi zat korosif. Kondisi ini sejalan dengan nilai *corrosion rate* terendah yang diperoleh pada variasi ini, sehingga spesimen 25 gram dipilih sebagai sampel terbaik untuk dilakukan analisis lanjutan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* guna mengidentifikasi gugus fungsi kimia dan memastikan karakteristik lapisan LDPE yang terbentuk.

Untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia yang terdapat pada lapisan pelapis, dilakukan pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*, dan hasil spektrum yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 4. berikut.



Gambar 4. Hasil uji FTIR pada lapisan 25 gram LDPE

Puncak serapan yang merepresentasikan gugus fungsi khas dari LDPE pada permukaan baja ASTM A53 steel. Puncak utama yang teridentifikasi berada pada daerah sekitar 2915 cm^{-1} dan 2848 cm^{-1} yang menunjukkan getaran *stretching* dari gugus $-CH_2$ (*methylene*), serta puncak pada 1460 cm^{-1} yang berkaitan dengan getaran *bending* (*scissoring*) dari gugus yang sama. Selain itu, puncak pada sekitar 720 cm^{-1} menunjukkan getaran *rocking* dari rantai panjang $-CH_2$, yang merupakan karakteristik khas dari struktur polietilena.

Keberadaan puncak-puncak tersebut menegaskan bahwa lapisan yang terbentuk pada permukaan baja merupakan LDPE dengan struktur kimia yang masih terjaga. Tidak ditemukannya puncak baru yang signifikan menunjukkan bahwa tidak terjadi reaksi kimia yang mengubah struktur dasar LDPE selama proses pelapisan, sehingga sifat kimia polimer tetap stabil. Hal ini penting karena kestabilan struktur LDPE berkontribusi terhadap kemampuannya dalam bertindak sebagai *protective coating*.

Secara fungsional, gugus $-CH_2$ yang dominan dalam LDPE bersifat non-polar dan hidrofobik, sehingga mampu menghambat penetrasi air dan zat korosif ke permukaan logam. Dengan demikian, hasil FTIR ini mendukung bahwa lapisan LDPE bekerja sebagai *barrier layer* yang efektif dalam melindungi permukaan baja dari serangan korosi dengan cara mengurangi

difusi oksigen, air, dan ion agresif ke permukaan material.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pelapisan berbasis limbah plastik LDPE pada baja karbon ASTM A53 terbukti efektif dalam menurunkan laju korosi secara signifikan dibandingkan spesimen tanpa pelapisan. Nilai laju korosi tertinggi sebesar $0,26865\text{ mm/year}$ diperoleh pada kondisi tanpa pelapisan, sedangkan nilai terendah sebesar $0,07749\text{ mm/year}$ dicapai pada variasi pelapisan 25 gram LDPE. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah LDPE berbanding lurus dengan efektivitas perlindungan korosi akibat terbentuknya lapisan yang lebih tebal dan homogen.

Hasil analisis FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus fungsi khas LDPE yang menandakan bahwa lapisan polimer terbentuk dengan baik dan stabil secara kimia. Mekanisme perlindungan yang terjadi adalah melalui pembentukan *barrier layer* yang mampu menghambat difusi oksigen, air, dan ion korosif menuju permukaan logam, sehingga memperlambat reaksi elektrokimia penyebab korosi.

Keterbaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan limbah LDPE sebagai material pelapis antikorosi berbasis mekanisme penghalang (*barrier protection*) pada baja ASTM A53. Dalam konteks industri minyak dan gas, metode ini berpotensi diaplikasikan pada peralatan dan pipa yang terpapar fluida korosif, khususnya pada sistem yang mengalirkan minyak fraksi berat, sehingga dapat meningkatkan umur pakai material, menurunkan biaya perawatan, serta mendukung pengelolaan limbah plastik menjadi material fungsional bernilai tinggi.

Referensi

- [1] Syaifudin, A. et al., 2015. Effects of plaque lengths on stent surface. *Journal*

- of Bio-Medical Materials and Engineering* 25, 189–202.
- [2] Mohamed, A., 2022. Corrosion in oil and gas pipelines. *Journal of Petroleum Science*.
- [3] Putra, R., 2022. Application of ASTM A53 steel in pipeline systems. *International Journal of Engineering Research*.
- [4] Pratikno, H., 2016. Corrosion behavior of carbon steel in aggressive environments. *Journal of Materials Engineering*.
- [5] Tampubolon, M., 2020. Mechanism of corrosion in carbon steel. *Materials Science Forum*.
- [6] Sun, Z., 2022. Formation water chemistry and its effect on corrosion. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*.
- [7] Al-Moubaraki, A. H., 2021. Corrosion impact in oil and gas industry. *Arabian Journal for Science and Engineering*.
- [8] Dalmora, G. P. V., 2025. Cathodic protection systems for pipeline integrity. *Corrosion Engineering Journal*.
- [9] Pratama, A. Z., 2024. Coating technology for corrosion protection of steel. *Journal of Coatings Technology*.
- [10] Sharma, C., 2024. Polymer coating degradation in harsh environments. *Progress in Organic Coatings*.
- [11] Arthur, D. E. A. J., 2013. Properties of LDPE in corrosion protection. *International Journal of Polymer Science*.
- [12] KLHK, 2024. Statistik sampah plastik Indonesia. *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*.
- [13] Elvania, S., 2024. Utilization of LDPE as corrosion inhibitor on carbon steel. *Journal of Materials Science and Engineering*.
- [14] Singh, S. K., 2007. Modification of polyethylene for corrosion resistance. *Polymer Degradation and Stability*.
- [15] Koivuluoto, K., 2022. Polymer coating performance in corrosive environments. *Surface Engineering Journal*.
- [16] M. Zhang, Y. Bai, and W. Wang, “A review of corrosion prediction and monitoring techniques for oil and gas pipelines,” *Corrosion Science*, vol. 170, pp. 108–120, 2020.
- [17] X. Zhang, Y. Liu, and H. Wang, “Recent advances in polymer coatings for corrosion protection: Mechanisms and performance,” *Progress in Organic Coatings*, vol. 148, 2020, doi: 10.1016/j.porgcoat.2020.105847.
- [18] M. F. Montemor, “Functional and smart coatings for corrosion protection: A review of recent advances,” *Surface and Coatings Technology*, vol. 408, 2021, doi: 10.1016/j.surfcoat.2020.126864.
- [19] Y. Shi, Z. Zhang, and J. Qiu, “Barrier properties and corrosion protection mechanisms of polymer coatings: A review,” *Coatings*, vol. 12, no. 3, 2022, doi: 10.3390/coatings12030345.
- [20] S. A. Umoren and M. M. Solomon, “Recent developments in the use of polymers as corrosion inhibitors and coatings,” *Journal of Molecular Liquids*, vol. 321, 2021, doi: 10.1016/j.molliq.2020.114