

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Korosi merupakan fenomena yang menjadi hambatan dalam penggunaan logam pada sektor industri. Aktivitas konstruksi banyak menggunakan besi sebagai bahan dasar pembuatan jembatan dan sistem perpipaan karena memiliki sifat mekanik yang unggul serta potensi redoks yang tinggi (Muresan, 2023). Meskipun demikian, besi termasuk logam yang rentan terhadap korosi. Kondisi lingkungan yang agresif, seperti suhu, kelembapan, dan pH rendah mampu mempercepat terjadinya korosi melalui reaksi elektrokimia yang melibatkan oksidasi anodik dan reduksi katodik (Ayodeji dkk., 2022; Jena dan Philip, 2022). Terjadinya korosi pada logam besi dapat menyebabkan penurunan kekuatan mekanik dan kegagalan struktur yang berpotensi membahayakan keselamatan (Ibrahim dan MacIntyre, 2024). Oleh karena itu, pengendalian korosi menjadi aspek penting dalam menjaga umur pakai, keamanan material, dan efisiensi ekonomi (Prošek dkk., 2025).

Upaya untuk mencegah terjadinya korosi dapat dilakukan dengan pengendalian lingkungan, proteksi katodik dan anodik, serta pelapisan antikorosi. Di antara upaya tersebut, pengembangan pelapisan antikorosi merupakan metode perlindungan logam yang efektif karena mampu mengurangi dampak ekonomi akibat korosi logam (Petrinin, 2022). Pelapisan dapat diaplikasikan dengan metode *spin coating*, *dip coating*, dan *drop casting* (Boddula dkk., 2020). Metode *drop casting* merupakan salah

satu teknik pelapisan sederhana yang melibatkan sejumlah kecil larutan pelapis pada permukaan substrat dan dikeringkan pada suhu ruang. Penambahan jumlah lapisan secara bertahap mampu meningkatkan ketebalan dan kerapatan lapisan pelindung (Moldabayeva dkk., 2025). Pembentukan lapisan yang sempurna mencegah terjadinya korosi dan memperpanjang umur pakai.

Pelapisan logam menggunakan polimer merupakan teknik yang efektif dan menarik untuk diaplikasikan. Polimer memiliki sifat ketahanan kimia yang unggul dan sifat adhesi yang kuat sehingga mampu menekan laju korosi (Mashtalyar dkk., 2022). Penelitian AlMashhadani (2020) melaporkan bahwa polieugenol sebagai pelapis pada implan gigi titanium menghasilkan efisiensi proteksi korosi sebesar 63%. Penelitian Prasetya, dkk. (2024) menggunakan polieugenol dengan penambahan *gum arabic* dan grafena oksida sebagai pelapis antikorosi pada logam tembaga menghasilkan laju korosi sebesar $4,5 \times 10^{-5}$ mm/y. Meskipun polieugenol memberikan sifat yang diinginkan sebagai penekan laju korosi, polieugenol tersebut juga memiliki keterbatasan struktur permukaan berpori yang rentan terhadap pembengkakan oleh spesies korosif sehingga menurunkan stabilitas dan efektivitas penggunaan pelapisan polimer (Rajitha dan Mohana, 2020). Langkah yang mungkin dilakukan untuk memperbaiki struktur polieugenol adalah dengan menambahkan *crosslinker* yang sesuai. Sebagai contoh Julianti dkk. (2025), melakukan modifikasi polimer berbasis eugenol dengan *crosslinker* alil eugenol menghasilkan efisiensi proteksi korosi sebesar 93%. Selain itu, *crosslinker* seperti N-N'-metilenbisakrilamida (MBA) juga mampu menurunkan porositas jaringan polimer (Siddiqua dkk., 2022). MBA merupakan

crosslinker yang mampu mempengaruhi luas permukaan, pembengkakan, dan mempertahankan stabilitas struktur jaringan polimer (Sala dkk., 2025).

Kinerja pelapisan polimer dapat ditingkatkan melalui penambahan bahan aktif berupa nanopartikel, dikarenakan struktur permukaan polimer yang berpori menyebabkan penurunan efektivitas perlindungan terhadap korosi. Struktur dua dimensi *reduced* grafena oksida (rGO) mengandung gugus fungsi oksigen yang mampu memperkuat interaksi gugus polar dari matriks polimer sehingga meningkatkan dispersi, adhesi lapisan, kompatibilitas, konduktivitas, dan umur pakai (Dhanya, 2013; Ni dkk., 2021; Zhang dkk., 2025). Penambahan rGO ke dalam matriks polimer menunjukkan efisiensi proteksi korosi secara signifikan, yaitu dari 37% pada polieugenol murni menjadi 78% dengan penambahan rGO (Prasetya dkk., 2023).

Meskipun rGO memiliki efek penghalang fisik, penggunaannya sebagai *filler* mandiri dalam matriks polimer kurang optimal karena sistem konjugasi π - π mendorong aglomerasi sehingga menurunkan kinerja pelapis (Zhou dkk., 2020). Agar rGO dapat digunakan secara maksimal dalam matriks polimer, penambahan nanopartikel titanium dioksida (TiO_2) dengan doping nitrogen diperlukan sebagai pengisi dalam matriks polimer. Walaupun TiO_2 mampu meningkatkan perlindungan permukaan substrat terhadap korosi (Ghouse dan Pugazhenth, 2023), energi celah pita TiO_2 sebesar 3,2 eV (dalam rentang UV) dan tingginya rekombinasi pasangan elektron-*hole* membatasi kesediaan elektron aktif untuk menghambat reaksi elektrokimia terhadap korosi (Bakre dkk., 2020; Kassahun dkk., 2020). Doping nitrogen pada TiO_2 terbukti menurunkan energi celah pita sehingga mampu menyerap cahaya tampak dan

elektron yang tereksitasi dapat ditransfer langsung ke permukaan logam untuk menghambat reaksi oksidasi besi (Dhanya, 2013), yang secara bersamaan meningkatkan ketahanan korosi dan menurunkan densitas arus korosi secara efektif (Wang dkk., 2011).

Penelitian ini mengembangkan komposit sebagai pelapis antikorosi yang belum pernah dilaporkan sebelumnya, yaitu menggunakan matriks polimer berbasis eugenol dengan *crosslinker* MBA, serta pengisi rGO dan N-*doped* TiO₂ untuk aplikasi pada logam besi (Fe). Sintesis komposit dilakukan menggunakan teknik *solution mixing*. Sedangkan, pelapisan dilakukan dengan teknik *drop casting*. MBA diharapkan berperan dalam meningkatkan stabilitas jaringan polimer (Sala dkk., 2025), rGO bertindak sebagai penghalang difusi spesies korosif (Ni dkk., 2021), dan N-*doped* TiO₂ menghambat reaksi korosi pada permukaan logam (Dhanya, 2013). Variasi komposit PE-MBA/rGO (PG), PE-MBA/N-*doped* TiO₂ (PT), dan PE-MBA/rGO/N-*doped* TiO₂ (PGT) dikembangkan untuk mengetahui efek penambahan rGO dan N-*doped* TiO₂ terhadap peningkatan ketahanan korosi.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan latar belakang dan rumusan permasalahan di atas adalah untuk:

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi komposit PE-MBA/rGO, PE-MBA/N-*doped* TiO₂, dan PE-MBA/rGO/N-*doped* TiO₂ sebagai pelapis antikorosi pada permukaan logam besi (Fe).

2. Melapiskan komposit PE-MBA/rGO, PE-MBA/N-*doped* TiO₂, dan PE-MBA/rGO/N-*doped* TiO₂ pada logam besi (Fe).
3. Menguji efisiensi proteksi terhadap komposit PE-MBA/rGO, PE-MBA/N-*doped* TiO₂, dan PE-MBA/rGO/N-*doped* TiO₂ sebagai pelapis antikorosi pada logam besi (Fe).