

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Badan Pusat Statistik (2023), jumlah perusahaan industri manufaktur skala menengah dan besar di Indonesia pada tahun 2022 mencapai sekitar 29 ribu usaha atau perusahaan. Semua segmen kehidupan dan peralatan penunjang pada industri manufaktur hampir 95% menggunakan bahan dasar logam (<http://lipi.go.id/>). Logam adalah bahan dasar vital yang banyak digunakan pada industri dikarenakan logam memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan-bahan lain. Besi adalah logam yang paling banyak penggunaannya, dari segi jumlah maupun ragamnya. Hal itu terjadi karena besi mempunyai sifat-sifat yang baik, yaitu kuat dan mudah dibentuk, besi juga tahan api serta mempunyai titik leleh yang relatif tinggi. Namun demikian, ada kelemahan dari besi, yaitu mudah berkarat, khususnya dalam suasana lembap. Indonesia adalah salah satu negara tropis dengan kelembapan udara yang tinggi rata-rata berkisar antara 80-95%. Kelembapan yang terkandung di udara dapat mengubah karakteristik besi baik dari segi sifat fisik maupun kimia (Purnomo *et al.*, 2018). Karakteristik fisik besi pada kondisi kelembapan tinggi ditandai dengan adanya karatan pada permukaan besi yang disebabkan oleh sifat asam pada uap air. Pengkaratan atau korosi besi adalah bentuk penurunan mutu besi yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia dengan lingkungannya yang berhubungan langsung dengan udara terbuka (Miranda & Rahmawati, 2020: 99).

Berbagai penelitian melaporkan bahwa faktor utama terjadinya korosi logam diantaranya faktor metalurgi, kimia, dan lingkungan. Pertama, faktor metalurgi berkaitan dengan sifat fisik dan mekanik dari material logam misalnya ketahanan logam besi terhadap korosi meningkat dengan perlakuan panas dan laju korosi pada kondisi yang sama akan sebanding dengan ukuran ketajaman partikel sehingga pada korosi logam, semakin tinggi suhu semakin cepat energi kinetik partikel. Kedua,

faktor kimia yaitu kontaminasi yang berhubungan dengan interaksi antara material dengan fluida proses dan akibatnya terhadap proses itu sendiri, misalnya deaktivasi katalis. Hal ini berkaitan dengan komposisi bahan, pada logam tingkat korosi jauh lebih rendah untuk bahan murni dan meningkat dengan komponen paduan. Sebagai contoh untuk ketahanan kimia dan korosi, penting untuk mempertimbangkan bagaimana dua atau lebih bahan berinteraksi saat bersentuhan satu sama lain. Bagian baja karbon yang ditempatkan bersentuhan dengan bagian baja tahan karat dalam larutan elektrolitik akan mengalami korosi galvanik pada tingkat yang jauh lebih cepat daripada jika tidak menyentuh bagian baja tahan karat. Ketiga, faktor lingkungan dimana laju korosi sebanding dengan persentase kelembaban dan berbanding terbalik dengan kemurnian udara. Jika dalam lingkungan asam dan basa konsentrasinya dengan unsur-unsur logam sebanding maka ia akan menimbulkan korosi (Kuruvila *et al.*, 2018: 435; Miranda & Rahmawati, 2020: 99). Terjadinya korosi tidak dapat dihindari tetapi lajunya dapat dikurangi atau dihambat dengan penambahan inhibitor, selain itu dapat juga dihambat dengan proteksi katodik, anodik dan lapisan pelindung (*coating*). Hal-hal yang mempengaruhi korosi adalah suhu, pH, kadar O₂, zat pengotor, keberadaan elektrolit, jenis logam lain dan kelembaban udara.

Penambahan inhibitor korosi adalah salah satu cara untuk menghambat korosi. Inhibitor adalah suatu senyawa kimia yang diberikan dalam jumlah kecil tetapi mampu menghambat reaksi korosi pada logam. Penambahan inhibitor korosi merupakan cara yang efektif untuk mencegah korosi, karena prosesnya yang sederhana dan biaya yang murah. Secara umum fungsi utama penggunaan inhibitor yaitu memperlambat reaksi korosi dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam (Nugroho, 2015: 152). Inhibitor korosi umumnya berasal dari senyawa-senyawa organik dan non organik misalnya silika merupakan senyawa non organik yang dapat diperoleh dari abu vulkanik.

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO₂ (silikon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan kristal silika. Salah satu sumber alami silika adalah abu vulkanik Sinabung yang diketahui memiliki senyawa kimiawi utama berupa SiO₂, Al₃O₂, CaO, dan Fe_xO_y masing-masing sebesar 58,1%, 18,3%, 8,05% dan 7,09%.5 (Simatupang *et al.*, 2017: 332; Ginting *et al.* 2018: 88).

Silika oksida (SiO_2) adalah zat serbaguna dengan banyak aplikasi dalam bidang farmasi, keramik, cat, dan aplikasi khusus dibidang kimia. Kandungan SiO_2 abu vulkanik Sinabung yang melimpah telah dipreparasi menjadi natrium silikat (Na_2SiO_3) (Bariyah & Simatupang, 2021: 2) dan digunakan sebagai bahan dasar berbagai aplikasi kimia diantaranya bahan pembuat adsorben silika (Simatupang & Devi, 2016: 159), modifikasi permukaan silika menjadi komposit dan aplikasinya dalam adsorpsi logam berat (Simatupang *et al.*, 2018), dan inhibitor korosi pada besi (Laoli, 2021).

Pemanfaatan abu vulkanik Sinabung sebagai prekursor silika dan penggunaannya sebagai inhibitor korosi pada lempeng logam telah dilakukan oleh Laoli (2021) dan berhasil dalam melindungi logam besi dari korosi dilihat dari data analisis yang menunjukkan silika menutupi pori permukaan logam. Tetapi kemampuan silika sebagai inhibitor korosif pada logam besi tidak begitu maksimal disebabkan daya rekat silika pada logam besi tidak begitu kuat sehingga perlu dikombinasikan dengan bahan polimer yakni cat dalam meningkatkan efektivitas pelapisan (*coating*) sebagai lapisan pelindung pada permukaan logam.

Oksigen dan air merupakan hal yang penting dalam korosi, maka cara yang terbaik untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan usaha melindungi logam dari kedua senyawa tersebut. Usaha ini dapat dilakukan dengan melapisi permukaan logam dengan materi yang inert terhadap lingkungan dimana logam mengalami kontak langsung dengan oksigen dan uap air di udara. Materi yang inert ini disebut lapisan pelindung. Lapisan pelindung dapat mempunyai tampilan seperti logam (metalik) atau nonlogam (non metalik). Lapisan pelindung nonmetalik dapat anorganik seperti oksida, lapisan (film) fosfat atau chromat, dan materi ceramic, atau organik seperti cat dan lacquer (vernisi). Lapisan pelindung tidak hanya harus inert secara kimia, akan tetapi juga harus cukup tebal. Selain melindungi logam dari korosi, lapisan pelindung dapat digunakan juga sebagai dekorasi dan memberi logam sifat-sifat mekanik dan fisik yang spesifik seperti tahan terhadap aus dan oksidasi, dan sifat-sifat isolasi terhadap panas, tergantung pada lapisan pelindung yang digunakan. Supaya berfungsi secara efektif, lapisan pelindung harus menempel dengan baik pada permukaan logam.

Penerapan lapisan pelindung organik seringkali digunakan untuk

melindungi permukaan logam konstruksi yang rawan terhadap korosi. Tingkat melindungi dari lapisan pelindung organik seperti cat, vernis, lacquer, dan email, tergantung pada daya inert kimia terhadap lingkungan korosif, daya lekat pada permukaan, impermeabilitas (tidak bisa ditembus) terhadap stimulasi korosi, dan metoda penerapannya. Cat merupakan campuran dari bahan pengikat, bahan pengisi, pelarut dan sejumlah kecil aditif (Cahyadi & Puspita, 2014: 1). Aditif cat digunakan untuk meningkatkan kualitas cat, seperti mencegah pengendapan pigmen (Supraptiah et al., 2022: 8), mempercepat proses pengeringan atau memungkinkan lapisan cat kering lebih tahan terhadap lingkungan kerjanya (Sriyana & Sudrajat, 2020: 28). Salah satu aditif cat yang murah, aman dan ramah lingkungan diperoleh dari Silika.

Penelitian yang dilakukan oleh Munte (2022), telah mengkombinasikan silika abu vulkanik Sinabung sebagai aditif pada cat dan melapisi permukaan logam besi secara *dip coating*. Hasilnya diketahui bahwa kemampuan inhibitor korosi campuran cat silika pada logam besi meningkat signifikan dimana hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa setelah plat besi dilapisi campuran cat silika puncak $2\theta = 40-50$ masih tajam yang ditandainya kandungan Fe masih banyak dikarenakan terlindungi dengan baik oleh zat aditif silika, sedangkan pada plat besi yang tidak dilapisi zat aditif intensitasnya sangat menurun. Tetapi kemampuan pelapisan cat silika sebagai inhibitor korosi pada logam besi dipengaruhi oleh jumlah penambahan silika, kehalusan permukaan, dan daya rekat. Hal ini dapat terjadi akibat ketidakhomogenan campuran cat silika sehingga mempengaruhi kemampuannya sebagai lapisan pelindung di permukaan logam (Gapsari, 2017).

Silika yang terdapat di alam dapat diubah ukurannya menjadi skala nanometer yang disebut dengan nanopartikel silika. Nanopartikel merupakan partikel yang memiliki ukuran < 100 nm. Nanopartikel silika memiliki beberapa keunggulan yaitu luas permukaan terhadap volume lebih besar, ketahanan panas yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi dan inert sehingga sangat menguntungkan untuk digunakan sebagai prekursor cat/silika (Rozi & Astuti, 2016). Salah satu metode pembentukan nanopartikel adalah dengan menggunakan metode ultrasonikasi. Ultrasonikasi (sonikasi) merupakan aplikasi penggunaan energi suara untuk proses pengadukan partikel pada suatu sampel dengan tujuan bermacam-

macam (García-Vaquero *et al.*, 2017: 1011). Metode tersebut memanfaatkan efek kavitasi yang dihasilkan dari gelombang ultrasonikasi yang merambat dalam medium cair (Ismayana *et al.*, 2017: 229). Sonikasi dapat digunakan untuk mempercepat proses pelarutan suatu materi dengan prinsip pemecahan reaksi intermolekuler, sehingga terbentuk suatu partikel yang berukuran nano. Penerapan metode ini dilakukan dengan menggunakan alat *ultrasonic homogenizer* sebagai alat pendispersi sehingga dapat menghindari kehilangan sampel akibat terjadinya pengendapan dimana *ultrasonic homogenizer* akan mendorong penyebaran sampel yang homogen, cepat dan efektif sehingga hasilnya baik digunakan untuk pelapisan pada permukaan logam (Karim, 2020). Pembuatan campuran cat dan zat aditif silika dari abu vulkanik Sinabung akan dilakukan dengan metode ultrasonik sehingga akan diperoleh campuran nanopartikel cat/silika.

Sonikasi berarti pemberian perlakuan gelombang ultrasonik suatu bahan pada kondisi tertentu, sehingga menyebabkan bahan tersebut mengalami reaksi kimia sebagai akibat perlakuan yang diberikan. Prosesnya dengan menggunakan gelombang ultrasonik pada rentang frekuensi 20 KHz – 10 MHz (Akgedik *et al.*, 2015: 809). Keunggulan ini dimanfaatkan juga dalam teknik *ultrasonically dip coating* sebagai lapisan pelindung di permukaan logam. Proses pelapisan celup sederhana secara ultrasonik (*ultrasonically dip coating*) digunakan untuk membuat lapisan film tipis nanopartikel cat/silika pada substrat logam besi, kemudian sifat kimia dan korosinya diselidiki sebagai fungsi konsentrasinya dalam larutan asam dan garam (Farid *et al.*, 2019: 358).

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan pengembangan aplikatif dari silika abu vulkanik Sinabung yang sangat besar dan melimpah sebagai kekayaan hayati yang cukup potensial untuk diolah dan dikelola menjadi berbagai material/produk yang bermanfaat diberbagai bidang khususnya bidang kimia pelapisan (*coating*) logam. Berdasarkan latar belakang tersebut maka judul penelitian ini adalah **Preparasi Nanopartikel Cat/Silika Berbasis Abu Vulkanik Sinabung Dengan Metode Ultrasonik Sebagai Inhibitor Korosi Besi.**

1.2. Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup yang menjadi pembahasan penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah abu vulkanik Sinabung diayak dengan ayakan 200 mesh.
2. Penelitian ini menggunakan larutan HCl 12 M sebagai pengaktivasi dan larutan NaOH 8 M sebagai pendestruksi abu vulkanik Sinabung.
3. Objek yang digunakan pada penelitian yaitu plat besi.
4. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode sol-gel untuk mengekstraksi SiO₂ dari abu Vulkanik Sinabung, metode ultrasonik untuk membuat campuran nanopartikel cat/silika dan pelapisannya pada plat besi.
5. Untuk menentukan besarnya laju korosi pada plat besi, digunakan metode kehilangan berat (*Weight Loss*).
6. Penelitian ini menggunakan uji karakterisasi XRD dan SEM-EDS pada sampel uji.

1.3. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil pencampuran komposisi nanopartikel cat/silika secara ultrasonik pada pengadukan selama 15 menit?
2. Bagaimana kinerja nanopartikel cat/silika dengan berbagai komposisi untuk menghambat laju korosi besi dalam larutan korosif HCl 15% dan NaCl 3,5%?
3. Bagaimana pengaruh sonifikasi nanopartikel cat/silika berbasis abu vulkanik Sinabung terhadap efektivitas coating pada permukaan logam di larutan korosif asam dan garam?

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaplikasian zat aditif silika abu gunung Sinabung pada cat sebagai inhibitor korosi diaplikasikan pada logam besi Grid 1500
2. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah variasi komposisi silika 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g; dan 0,5 g dalam larutan HCl 15% dan NaCl 3,5%.

3. Uji karakterisasi sampel besi dilakukan dengan instrumen analisis XRD dan SEM-EDS.

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kehomogenan hasil pencampuran komposisi nanopartikel cat/silika secara ultrasonik pada pengadukan selama 15 menit.
2. Mengetahui kinerja nanopartikel cat/silika dengan berbagai komposisi untuk menghambat korosi besi dalam larutan korosif HCl 15% dan NaCl 3,5%.
3. Mengetahui pengaruh sonifikasi nanopartikel cat/silika berbasis abu vulkanik Sinabung terhadap efektivitas *coating* pada permukaan logam di larutan korosif asam dan garam.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang pemanfaatan kandungan silika abu vulkanik gunung Sinabung dalam bidang kimia sebagai material/produk zat aditif cat pada *coating* permukaan logam.
2. Memberikan informasi kepada mahasiswa S-1 khususnya bidang kimia Anorganik dan peneliti yang terkait penelitiannya tentang material berbasis silika dari abu vulkanik dan karakterisasi serta aplikasinya dalam pelapisan logam.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat dan dunia industri khususnya industri logam, perkapalan dan industri terkait lainnya tentang pemanfaatan silika dari abu vulkanik sinabung sebagai bahan alternatif untuk inhibitor korosif, bahan campuran cat dalam *coating* (pelapisan)