

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah

Indonesia termasuk negara dengan tingkat konsumsi telur ayam yang relatif tinggi. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2022 konsumsi telur ayam ras di Indonesia mencapai lebih dari 20 kilogram per orang setiap tahunnya. Dengan populasi yang melebihi 270 juta jiwa, jumlah tersebut setara dengan lebih dari 5,4 juta ton telur ayam dikonsumsi setiap tahun. Jika diasumsikan bahwa cangkang menyumbang sekitar 10% dari berat total telur, maka limbah cangkang telur yang dihasilkan bisa mencapai sekitar 540 ribu ton per tahun. Sebagian besar limbah cangkang telur tidak dikelola dengan baik. Limbah ini sering berakhir di tempat sampah atau lingkungan tanpa melalui proses pengolahan. Limbah ini berasal dari rumah tangga dan industri, namun masih belum dimanfaatkan secara efektif. Biasanya, limbah ini hanya digunakan sebagai bahan baku untuk membuat kerajinan tangan dan aksesoris (Kementrian Pertanian, 2022).

Cangkang telur adalah limbah yang ternyata banyak sekali manfaatnya, banyak penelitian yang meneliti terkait manfaat cangkang telur ini. Salah satu keunggulan utama cangkang telur ayam terletak pada ketersediaannya yang melimpah di masyarakat. Sebagai limbah rumah tangga yang sering tidak dimanfaatkan, cangkang ini sebenarnya kaya akan kandungan kalsium. Dari segi praktis dan ekonomis, ketersediaan yang melimpah serta pasokan yang berkelanjutan membuat cangkang telur ayam menjadi alternatif yang lebih rasional dan efisien dibandingkan dengan cangkang unggas lain seperti bebek atau puyuh, yang produksinya lebih terbatas dan umumnya digunakan dalam produk olahan khusus seperti telur asin atau telur pindang. Cangkang telur juga kaya akan kandungan kalsium karbonat. Menurut (Macharia & Ori, 2017; Putri & Nugroho, 2017) Cangkang telur merupakan lapisan terluar yang kaya akan protein dan kalsium. Komposisinya terdiri dari 1,6% air dan 98,4% bahan kering, di mana bahan kering tersebut mengandung 95,1% mineral dan 3,3% protein. Mineral utama dalam cangkang telur meliputi kristal kalsium karbonat (98,43%), magnesium karbonat (0,84%), dan kalsium fosfat (0,75%). Cangkang telur

memiliki potensi besar sebagai bahan tambahan atau pengisi dalam berbagai aplikasi teknis dan pelapis. Struktur mikropori dan fitur permukaan cangkang telur memungkinkan ikatan kimia yang kuat dengan bahan pelapis (Amalia et al., 2022). Penggunaan limbah ini juga mendukung konsep ekonomi sirkular dan membantu mengurangi polusi lingkungan. Kalsium karbonat menjadi unsur dominan dalam cangkang telur, yang juga ditemukan dalam kapur dan berperan sebagai komponen utama penyusunnya. Berdasarkan kombinasi keunggulan komposisi kimia, fleksibilitas struktur mikro, bukti aplikatif dari hasil penelitian sebelumnya, serta ketersediaannya yang melimpah, cangkang telur ayam dipilih sebagai material utama dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sunarya et al. (2022), Cangkang telur juga mengandung oksida kalsium (CaO) dan hidroksida kalsium [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Hal ini mendukung potensi cangkang telur sebagai bahan aktif. Studi lain menunjukkan bahwa bubuk dari cangkang telur yang dibakar dapat meningkatkan modulus elastisitas dan ketahanan panas ketika digunakan sebagai pengisi dalam bahan polimer (Sutapun et al., 2013). Menurut penelitian Arianto et al. (2016), cangkang telur ayam terdiri dari sekitar 97% kalsium karbonat (CaCO_3) dan mengandung jumlah kecil mineral lain seperti fosfor, magnesium, seng, dan tembaga. Hal ini sesuai dengan studi oleh El ishaq & Kida (2011), yang menemukan bahwa cangkang telur ayam memiliki kandungan CaCO_3 sebesar 96,6%. Tingkat ini cukup tinggi, serupa dengan yang terdapat pada telur bebek (97,9%) dan telur ayam hutan (98,7%). Walaupun cangkang telur bebek unggul dari segi kekuatan mekanis dan ketebalannya, Penelitian Zhang et al. (2022) justru mengungkap bahwa cangkang telur ayam memiliki struktur mikro yang lebih beragam dan kompleks, khususnya pada lapisan mamillae. Variasi ini mencakup bentuk seperti cap, tahap fusi awal dan akhir, serta keterhubungan dengan membran. Tingkat kompleksitas tersebut menunjukkan bahwa cangkang telur ayam mungkin memiliki struktur yang lebih fleksibel untuk dimodifikasi, sehingga lebih potensial untuk dijadikan serbuk dalam aplikasi material pelapis seperti cat antikorosi. Pemanfaatan cangkang telur ayam sebagai aditif dalam formulasi cat juga terbukti mampu meningkatkan kekuatan adhesi dan ketahanan lapisan cat. Hal ini dibuktikan oleh Arianto et al. (2016) melalui penggunaan serbuk

cangkang telur ayam dalam cat tembok, di mana hasil penelitian menunjukkan peningkatan kekuatan, daya tahan, dan keawetan lapisan cat. Efektivitas ini dikaitkan dengan tingginya kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) dalam cangkang telur, yang berperan sebagai bahan pengisi sekaligus perekat alami, karakteristik yang juga relevan untuk aplikasi pelapisan logam antikorosi.

Berbicara mengenai korosi, korosi adalah proses alami yang menyebabkan degradasi material akibat interaksi kimia dengan lingkungan. Proses ini melibatkan transfer elektron, di mana atom-atom logam bereaksi dengan zat di sekitarnya, membentuk senyawa baru yang umumnya lebih rapuh dan kurang kuat. Akibatnya, daya tahan dan kekuatan logam menurun. Korosi dapat terjadi secara menyeluruh di seluruh permukaan logam atau hanya di area tertentu, menghasilkan lubang atau retakan. Beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi meliputi jenis logam, kondisi lingkungan seperti kelembaban dan suhu, keberadaan zat kimia, serta tekanan mekanik (Waworundeng et al., 2024).

Menurut Luu (2021), korosi merupakan proses degradasi logam secara bertahap akibat interaksi dengan lingkungan sekitarnya. Hampir semua lingkungan memiliki sifat korosif, termasuk air, tanah, bahan kimia dalam bentuk cair atau gas, serta udara. Logam yang digunakan dalam berbagai struktur sering terpapar kondisi tersebut, tetapi bahkan zat sehari-hari seperti jus jeruk, alkohol, atau cairan tubuh seperti darah dalam kasus implan medis dapat memicu korosi. Fenomena ini mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya noda kekuningan di wastafel dapur, karat kecokelatan pada kendaraan lama, atau lapisan kehijauan yang muncul pada perhiasan tembaga setelah pemakaian dalam jangka waktu lama.

Menurut Fontana et al., dalam Luu (2021) Meskipun korosi sering dianggap sebagai masalah yang umum, prosesnya sebenarnya kompleks dan tidak dapat sepenuhnya dicegah. Kondisi ini menjadi lebih serius di lingkungan industri, di mana berbagai zat kimia, baik dalam bentuk cair, gas, organik, maupun anorganik, dapat dengan mudah bereaksi dengan logam dan memicu terjadinya korosi. Sehingga kerugian akibat korosi tidak dapat dihindari.

Menurut Irwan (2024) studi mengenai dampak ekonomi akibat korosi telah dilakukan di berbagai negara maju. Penelitian ini berfokus pada biaya langsung

yang harus dikeluarkan akibat kerusakan material yang disebabkan oleh korosi. Hasilnya menunjukkan bahwa kerugian akibat korosi sangat signifikan. Sebagai contoh, di Amerika Serikat, biaya yang ditimbulkan mencapai 276 miliar dolar atau sekitar 3,1% dari GNP. Sementara itu, di Indonesia belum ada kajian mendalam terkait dampak ekonomi korosi, tetapi Asosiasi Korosi Indonesia (Indocor) memperkirakan kerugiannya mencapai 3,5% dari GNP. Pada awalnya, para insinyur mengira bahwa biaya korosi hanya sebatas penggantian komponen yang rusak. Namun, kenyataannya, biaya yang ditimbulkan jauh lebih besar karena adanya pengeluaran tambahan yang hampir setara dengan biaya langsung. Biaya langsung akibat korosi meliputi beberapa aspek, antara lain:

- Penggantian material yang rusak akibat korosi.
- Biaya pengerjaan yang timbul dari proses penggantian komponen yang terkorosi.
- Pengeluaran untuk upaya pengendalian korosi.
- Tambahan biaya untuk konstruksi menggunakan bahan yang lebih tebal guna memperlambat proses korosi.

Beberapa metode pencegahan korosi telah berkembang dan umumnya disesuaikan dengan jenis peralatan, lokasi, serta lingkungan yang berpotensi menyebabkan korosi. Salah satu teknik yang paling umum digunakan untuk melindungi baja adalah dengan melapisinya menggunakan lapisan penghalang (*coatings*). Lapisan penghalang berfungsi untuk memisahkan permukaan baja dari lingkungan eksternal, mengontrol kondisi mikro pada permukaan logam, serta meningkatkan aspek estetika atau dekoratif. Berbagai metode pelapisan dapat digunakan untuk tujuan ini, seperti cat, lak (*lacquers*), vernis, dan pelapisan baja. Di antara metode tersebut, penggunaan cat menjadi pilihan yang paling populer karena efektivitasnya dalam melindungi baja dari korosi (Bayuseno, 2009). Dalam penelitian ini penulis memilih jenis cat alkyd yang nantinya akan digunakan, menurut (Sutapun et al., 2013) Cat alkyd adalah jenis cat yang menggunakan resin sintetis sebagai bahan dasarnya. Cat ini mudah diaplikasikan, mudah didapatkan, dan dapat dicampur dengan berbagai jenis pengisi mineral, seperti kalsium karbonat. Hal ini membuatnya menjadi pilihan populer untuk permukaan logam.

Di negara maju, sekitar 3,5% dari pendapatan negara dialokasikan untuk perbaikan, pemeliharaan, dan penggantian peralatan berbahan logam. Oleh karena itu, diperlukan langkah pencegahan guna mengurangi dampak negatif akibat korosi. Salah satu metode yang paling praktis dan umum digunakan untuk melindungi logam dari korosi adalah dengan menggunakan inhibitor. Inhibitor bekerja dengan membentuk lapisan teradsorpsi pada permukaan logam, sehingga dapat memperlambat laju korosi. Secara umum, semakin tinggi konsentrasi inhibitor, semakin efektif dalam mengurangi korosi pada logam (Dachi, 2024).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Mubarak et al. (2020) meneliti tentang pengacruh penambahan CaCO_3 sebagai inhibitor korosi dan mendapatkan hasil bahwa CaCO_3 dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi pada baja SS 400 dengan membentuk lapisan pelindung di permukaan logam. Lapisan ini menghambat interaksi antara baja dan lingkungan korosif, sehingga menurunkan laju korosi. Lalu menurut Santyasa (2018) CaCO_3 dapat digunakan sebagai bahan substitusi dalam bentuk mikro dan nano di berbagai industri, seperti kertas, cat, karet, farmasi, dan suplemen makanan. Penambahan CaCO_3 berkontribusi dalam menurunkan laju korosi, sehingga meningkatkan sifat antikorosi. Selain itu, variasi jumlah CaCO_3 dalam campuran juga berpengaruh terhadap ketahanan korosi, di mana hasilnya menunjukkan ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan fasa kalsit. Lalu menurut Sidiq (2013) Karbonat (CO_3) dan kalsium karbonat sering dimanfaatkan sebagai pengendali korosi dengan membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam melalui proses pengendapan. Ini berarti cangkang telur dapat menjadi salah satu solusi inhibitor alami untuk menghambat korosi.

Untuk menguji efektivitas dan daya tahan cangkang telur sebagai inhibitor korosi dalam cat besi, penelitian ini akan menerapkan metode pengujian *uji perendaman dan cross cut*. Standar pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan cat berbasis cangkang telur terhadap lingkungan korosif dan membandingkan kinerjanya dengan cat konvensional yang telah beredar di pasaran serta menguji daya rekatnya terhadap permukaan logam.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas cangkang telur sebagai inhibitor korosi dalam formulasi cat besi serta menilai ketahanannya di kondisi lingkungan yang korosif. Hasil

penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan material pelapis yang lebih *berkelanjutan, hemat biaya, dan ramah lingkungan* guna mengurangi dampak negatif korosi terhadap infrastruktur dan industri manufaktur.

1.2 Rumusan masalah

Jika dilihat dari latar belakang masalah diatas dapat diketahui beberapa rumusan masalah tersebut, yaitu:

1. Seberapa efektif cangkang telur sebagai inhibitor korosi dalam formulasi cat besi?
2. Seberapa baik ketahanan cat besi berbasis cangkang telur terhadap lingkungan korosif?
3. Bagaimana kinerja cat dengan cangkang telur dibandingkan dengan cat biasa tanpa cangkang telur dalam pengecatan satu lapis untuk mencegah korosi?
4. Bagaimana pengaruh variasi komposisi cangkang telur dalam cat terhadap efektivitas perlindungan korosi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi kemampuan cangkang telur dalam menghambat korosi pada cat besi menggunakan metode uji perendaman.
2. Meneliti ketahanan cat berbasis cangkang telur terhadap lingkungan yang bersifat korosif serta membandingkan keefektifannya dengan cat tanpa campuran serbuk cangkang telur.
3. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi cangkang telur dalam formulasi cat terhadap tingkat perlindungan terhadap korosi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini terbagi menjadi dua, Manfaat teoritis dan manfaat praktis. Berikut penjelasan lebih detail terkait dua manfaat tersebut:

A. Kegunaan Teoritis

1. Menyumbangkan pengetahuan dalam bidang material pelapis, khususnya terkait pemanfaatan cangkang telur sebagai inhibitor korosi alami pada cat besi.

2. Memperluas pemahaman mengenai peran kalsium karbonat dan senyawa lain dalam cangkang telur dalam memperlambat proses korosi pada logam.
3. Menjadi bahan referensi bagi penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan inhibitor alami untuk perlindungan logam terhadap korosi.

B. Kegunaan Praktis

1. Menawarkan alternatif bahan pelapis yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan kimia sintetis dalam industri cat.
2. Membantu menekan dampak korosi pada infrastruktur dan peralatan industri, sehingga dapat mengurangi biaya perawatan serta penggantian material yang mengalami kerusakan akibat korosi.
3. Memanfaatkan limbah cangkang telur sebagai bahan bernilai guna dalam industri cat, sehingga berkontribusi pada pengelolaan limbah yang lebih efektif.
4. Menjadi acuan bagi industri manufaktur dalam mengembangkan produk cat dengan formulasi yang lebih berkelanjutan dan memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi.

Intelligentia - Dignitas