

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan logam seperti seng (Zn) telah lama digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena sifat mekaniknya yang baik. Seng digunakan dalam banyak bidang aplikasi seperti industri logam, kesehatan, bahan bangunan, bahkan perabotan rumah tangga. Sekitar 15% zinc dunia digunakan sebagai logam dasar untuk produksi paduan berbasis seng yang diterapkan di bidang konstruksi, otomotif, elektronik, peralatan rumah tangga, dan barang desain karena titik leleh rendah dan sifat mekanik yang baik (Pola dkk., 2020). Seng digunakan sebagai anoda pada baterai, termasuk baterai yang ramah lingkungan dan mudah didaur ulang (Borchers dkk., 2021). Sedangkan pada industri otomotif, konstruksi, dan infrastruktur, seng dimanfaatkan untuk melapisi baja dan besi agar tahan korosi (galvanisasi) (Pais & Rao, 2021).

Korosi logam serta paduannya tidak dapat dihindari akibat interaksinya dengan lingkungan. Meskipun seng digunakan untuk melindungi baja dari korosi, tetapi seng sendiri tetap rentan terhadap korosi, terutama di lingkungan asam atau basa (Pais & Rao, 2021). Berada di lingkungan ekstrem secara terus-menerus meningkatkan potensi kerusakan logam seperti korosi. Hal ini juga dapat disebabkan oleh tingginya kelembapan di sebagian besar negara tropis yang menyebabkan degradasi melalui penurunan sifat dan fungsi material (Ola dkk., 2022). Kontaminasi kotoran yang sangat mungkin terjadi perlu dicegah agar kemungkinan terjadinya korosi logam dapat diminimalkan. Pembersihan rutin tidak hanya memakan waktu dan biaya yang cukup besar, tetapi juga dapat merusak permukaan akibat penggunaan bahan kimia ataupun metode yang abrasif. Karena itu, solusi pembersihan mandiri pada seng yang efisien sangat diperlukan untuk mengatasi masalah ini.

Pemahaman yang mendalam tentang alam membantu kita berinovasi. Telah diamati bahwa sayap kupu-kupu, dan daun tanaman seperti teratai, padi, dll. memiliki permukaan yang dapat membersihkan dirinya sendiri. Banyak upaya dilakukan untuk meniru perilaku ini dan dengan demikian muncullah teknologi superhidrofobik. Superhidrofobik adalah sifat permukaan yang menolak air, ditandai dengan sudut kontak air lebih dari 150° , sehingga tetesan air tidak menyerap tetapi mudah menggelinding. Sifat ini juga memungkinkan permukaan memiliki kemampuan membersihkan sendiri, sehingga kotoran yang menempel akan terbawa oleh tetesan air yang menggelinding di permukaan. Teknologi ini banyak digunakan dalam aplikasi karena kemampuannya membersihkan sendiri, sifat anti pembekuan, anti korosi, dan sebagainya (Jeevahan dkk., 2018).

Superhidrofobik adalah sifat permukaan yang menolak air, membuat tetesan air seakan membentuk bola dan mudah menggelinding atau memantul dari permukaan. Sifat superhidrofobik terjadi karena kombinasi antara struktur permukaan yang sangat kasar dalam mikro/nano dan kimia permukaan yang tidak suka air (hidrofobik) (Wang dkk., 2020). Sifat hidrofobik muncul karena molekul air tidak dapat berinteraksi secara optimal dengan molekul nonpolar, sehingga air “mengusir” molekul nonpolar dan menyebabkan mereka berkumpul bersama. Hal ini dapat dicapai jika permukaan memiliki energi permukaan yang rendah karena energi permukaan yang rendah membuat air sulit untuk membasahi atau menempel pada permukaan tersebut (Jiao dkk., 2019). Akibatnya, air akan membentuk tetesan bulat yang mudah tergelincir dari permukaan material. Struktur permukaan yang ingin dicapai untuk permukaan superhidrofobik adalah struktur bertingkat (hierarkis) yang meniru permukaan daun teratai, yaitu gabungan antara struktur mikro dan nano yang saling melengkapi sehingga air hanya menyentuh sebagian kecil permukaan dan mudah tergelincir (Chen dkk., 2022).

Lapisan superhidrofobik dapat dibentuk pada permukaan logam, kayu, kaca, kain, dan sebagainya. Sampai saat ini, ada banyak metode yang dilakukan untuk mendapatkan lapisan superhidrofobik, yaitu *electrospinning*, *sol-gel*, deposisi *layer-by-layer*, dan semprot (Guo dkk., 2024). Material basis ZnO nanostruktural menarik banyak perhatian karena kinerjanya yang dinilai baik dalam proses *self-*

cleaning. Ini dapat dilakukan dengan menumbuhkan ZnO pada substrat atau membuat permukaan ZnO yang kasar untuk kemudian di lapisi bahan superhidrofobik.

Penelitian terdahulu membahas tentang fabrikasi batang nano ZnO superhidrofobik melalui proses purifikasi menggunakan modifikasi DMF (*dimethylformamide*) (Lai dkk., 2017) melaporkan hasil yang luar biasa dalam kemampuannya dalam menahan air. Lapisan superhidrofobik yang dihasilkan mengalami kenaikan sudut kontak air seiring bertambahnya konsentrasi HMDS (*Hexamethyldisilazane*) yang ditambahkan dalam pembuatan lapisan silika. Rajput dkk. (2024) meneliti pelapisan superhidrofobik untuk melindungi substrat tembaga dengan metode sol-gel dan dimodifikasi lebih lanjut tanpa menghilangkan kilaunya, yang juga mengindikasikan sifat anti bakteri yang dimiliki substrat. Kemudian, telah dilaporkan strategi pelapisan superhidrofobik pada insulator kaca atau porselain dalam aplikasi anti pembekuan oleh Li dkk. (2014).

Tahap persiapan substrat seng diduga memengaruhi perlekatan lapisan superhidrofobik. Hal ini disebabkan oleh proses penumbuhan sub-*microtube nanorod* pada seng selama tahap ini. Proses-proses tersebut meliputi pengamplasan, sonikasi menggunakan ultrasonik, dan proses purifikasi. Ketiga proses tersebut akan diteliti pengaruhnya terhadap sudut kontak air, sifat optik, dan penerapannya pada teknologi pembersihan mandiri dan anti korosi yang dihasilkan oleh lapisan tersebut karena hal ini belum pernah dipelajari sebelumnya. Langkah-langkah persiapan substrat seperti kekasaran amplas, durasi sonikasi, dan suhu yang digunakan saat proses purifikasi akan dicari pengaruhnya terhadap superhidrofobisitas substrat. Menggunakan reaksi oksidasi substrat seng dalam larutan 4 wt% *N,N*-dimethylformamide (DMF) untuk menyiapkan permukaan seng, kemudian dilapisi dengan larutan *co-hydrolisis Hexamethyldisiloxane* (HMDS) - *Tetraethoxysilane* (TEOS) untuk membentuk lapisan superhidrofobik.

Rancangan eksperimen dengan *Response Surface Methodology* (RSM)-*Central Composite Design* (CCD) digunakan untuk menemukan kondisi optimal modifikasi ketiga parameter tersebut dengan hidrofobisitas maksimum. Tiga variabel dipilih, yaitu A: kekasaran amplas yang digunakan; B: durasi sonikasi; C: suhu selama

perlakuan purifikasi. Dengan RSM-CCD, akan dianalisis pengaruh tiap faktor terhadap sifat superhidrofobisitas substrat. Ini merupakan studi optimasi kinerja superhidrofobik ZnO/SiO₂ pertama yang menggunakan *Central Composite Design* (CCD) untuk menyelidiki interaksi faktor-faktor terpilih untuk mencapai hidrofobisitas optimal. Setelah preparasi dengan variasi, substrat akan dilapisi dengan larutan TEOS-HMDS dengan rasio molar 1:2 sebagai lapisan hidrofobik. Kemampuan pembasahan lapisan akan dicari nilai optimalnya menggunakan desain CCD dan kemudian dikarakterisasi melalui uji SEM-EDX dan FTIR. Selain itu, statistik data, kemampuan anti korosi, dan perilaku pembersihan mandiri akan dibahas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi superhidrofobik yang inovatif dan berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis lapisan superhidrofobik ZnO/SiO₂ dengan metode sol-gel.
2. Menganalisis pengaruh kekasaran amplas, durasi sonikasi, dan suhu yang digunakan saat proses purifikasi pada sifat hidrofobisitas substrat.
3. Menganalisis substrat superhidrofobik dengan *Water Contact Angle* (WCA) serta karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).
4. Menguji aplikasi *self-cleaning* dan anti-korosi pada substrat superhidrofobik.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Mendapatkan lapisan superhidrofobik ZnO/SiO₂ dengan metode sol-gel dan mendapatkan kombinasi kekasaran amplas, durasi sonikasi, dan suhu purifikasi terbaik pada hidrofobisitas substrat.
2. Mengetahui pengaruh kekasaran amplas, durasi sonikasi, dan suhu yang digunakan saat proses purifikasi pada sifat hidrofobisitas substrat.

3. Memberikan gambaran komprehensif mengenai sifat optik dan kimia dari lapisan superhidrofobik yang diperoleh sebagai dasar pemanfaatannya dalam teknologi *self-cleaning* dan anti-korosi.
4. Mengetahui potensi substrat superhidrofobik yang dihasilkan dalam teknologi *self-cleaning* dan anti-korosi