

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembentukan lapisan superhidrofobik menjadi fokus utama dalam beberapa dekade ini, khususnya dalam bidang ilmu material karena karakteristik yang memiliki kemampuan dalam memberikan perlindungan dengan sifatnya yang menolak air, kotoran, ataupun bakteri dan peningkatan efisiensi energi dengan ditandai oleh struktur kekasaran dan energi permukaan lebih rendah dari air yaitu sekitar 72 mN/m (Mohammadipour-Nodoushan dkk., 2024). Berbagai metode dan material telah dikembangkan untuk menciptakan permukaan telah menarik perhatian luas dalam komunitas ilmiah ditandai oleh sudut kontak air lebih dari 150° (He dkk., 2024). Permukaan buatan dengan sifat basah khusus, didasarkan pada suatu fenomena alam, adanya permukaan daun yang menunjukkan sudut kontak air atau *water contact angle* (WCA) dan memiliki sudut geser atau *slide angle* (SA) yang kecil sekitar 10° atau lebih rendah, hal ini memudahkan tetesan air menggelinding/geser secara spontan yang membawa serta partikel debu dan kotoran. Penelitian ini relevan untuk berbagai aplikasi, termasuk pembersihan mandiri (*self-cleaning*), anti-pembekuan (*anti-icing*), aplikasi medis, dan pengurangan gaya gesek (*drag reduction*) pada fluida. Fenomena ini mengadopsi prinsip biomimetik dari daun teratai (*Lotus Effect*), di mana kombinasi antara energi permukaan rendah dan struktur kekasaran hirarki pada skala mikro-nano memungkinkan tetesan air menggelinding dengan mudah (MohammadKarimi dkk., 2024). Mau bagaimanapun, banyak artikel yang menunjukkan pembentukan lapisan buatan superhidrofobik dapat menjadi basah dan kehilangan sifat anti air akibat tekanan pada aliran fluida dan hal ini merupakan tantangan karena hilangnya hidrofobilitas (Wu dkk., 2013).

Penggunaan logam, khususnya seng (Zn), semakin meluas dalam berbagai aplikasi baik industri maupun rumah tangga dibanding logam oksida lain ataupun logam murni yang kurang akan gugus -OH dan harga yang jauh lebih mahal. Titanium Dioksida (TiO₂) adalah pesaing terdekat. Namun, sintesis TiO₂ fase

kristal (Anatase/Rutile) seringkali membutuhkan suhu kalsinasi tinggi ($>400^{\circ}\text{C}$) sedangkan ZnO fase kristal (Wurtzite) bisa terbentuk pada suhu yang jauh lebih rendah (bahkan $<100^{\circ}\text{C}$ dengan metode sol-gel / hidrotermal), sehingga lebih hemat energi. Pada penelitian sebelumnya, seng (Zn) merupakan logam yang banyak digunakan dalam sektor konstruksi dan industri karena sifat mekaniknya yang baik serta harga yang relatif terjangkau. Namun, seng rentan terhadap korosi dan degradasi akibat paparan lingkungan, terutama di daerah dengan kelembapan tinggi atau atmosfer yang agresif. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan penelitian proteksi yang efektif, sehingga dapat memperpanjang umur pakai material. Untuk memberikan perlindungan terhadap korosi biologis (*biocorrosion*), telah dikembangkan metode pelapisan permukaan seng menggunakan nanopartikel ZnO/SiO₂ yang dimodifikasi secara hidrofobik. Peningkatan ketahanan korosi pada paduan aluminium dan seng (Silviana dkk., 2021). Sehingga, penelitian ini penting untuk memperluas aplikasinya di bidang industri dan kelautan.

Penelitian ini digunakan untuk mengatasi kerapuhan lapisan dengan strategi alternatif melalui pelapisan permukaan paduan logam menggunakan silika (SiO₂) termodifikasi dengan *hexamethyldisilazane* (HMDS), metode konvensional yang umum melibatkan agen adhesi seperti poliuretan (PU) dan senyawa fluorin seperti, *perfluorodecyltriethoxysilane* (PFDTES) dan lainnya yang kurang aman dan ekonomis (X. Li dkk., 2024). Beberapa dekade industri tekstil juga bergantung pada senyawa PFAS (*Polyfluoroalkyl Substances*) atau *C8 chemistry* untuk pelapis anti-air (Tagliaro dkk., 2024). Masalah PFAS terletak pada ikatan Karbon-Fluorin (C-F) adalah salah satu ikatan terkuat dalam kimia organik. Ini membuat PFAS sangat sulit terurai di alam (*non-biodegradable*). Mereka menumpuk di air tanah, rantai makanan, dan tubuh manusia (bioakumulatif), serta bersifat (Dignes dkk., 2025). Modifikasi ini bertujuan membentuk lapisan pelindung yang stabil dan tahan terhadap kondisi khusus, sekaligus mempertahankan sifat superhidrofobik yang dibutuhkan untuk aplikasi jangka panjang di lingkungan ekstrem.

Penelitian lain mengusulkan pendekatan baru dalam modifikasi permukaan lembaran seng dengan menggunakan kombinasi TEOS (*Tetraethyl orthosilicate*)

dan HMDS melalui metode sederhana berbasis reaksi silanisasi (Du dkk., 2024). HMDS sebagai senyawa organosilikon. Dengan mekanisme degradasi, di lingkungan, silikon pada akhirnya akan teroksidasi menjadi silika oksida yang merupakan komponen utama pasir/tanah, dan melepaskan amonia (NH_3) yang dapat diurai oleh siklus nitrogen alami menjadikannya lebih ramah lingkungan.

Keunggulan utama dari pendekatan ini terletak pada kemampuannya menghasilkan pelapis superhidrofobik secara efisien tanpa memerlukan perlakuan permukaan yang kompleks dengan penggunaan peralatan sederhana. Selain meningkatkan sifat superhidrofobik, studi ini juga mengevaluasi ketahanan pelapis terhadap abrasi serta paparan lingkungan agresif, guna memastikan potensi aplikatifnya dalam kondisi nyata. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperluas pemahaman ilmiah tentang modifikasi permukaan material, tetapi juga menawarkan solusi yang praktis dan ekonomis untuk perlindungan material (Si & Guo, 2016), khususnya di lingkungan tropis dan ekstrem. Meskipun pelapis superhidrofobik telah banyak diterapkan pada berbagai jenis substrat seperti logam, kayu dan kaca, penelitian yang secara spesifik memfokuskan pada pelapisan permukaan tekstil alami seperti katun dengan kombinasi penggunaan TEOS dan HMDS yang mampu menunjukkan pendekatan kimiawi berbasis metode *sol-gel* dan silanisasi yang sederhana masih jarang ditemukan dan ketahanan lapisan pada kain rentan rusak, untuk itu diteliti untuk mengatasi hal tersebut dengan metode dan harga efisien namun efektif dalam membentuk permukaan superhidrofobik dengan sudut kontak air tinggi, aman dan lebih ekonomis, yang juga terinspirasi dari penelitian Silviana.

Terdapat 3 model yang menjelaskan fenomena sifat anti air, dimana dipengaruhi oleh gaya ikat/tekanan dari air itu sendiri, gaya tolak antar molekul, struktur kekasaran permukaan dan besar energi permukaan. Dengan gabungan ketiga teori inilah diperoleh struktur mikro–nano ZnO-SiO_2 yang optimal dan dapat material artifisial superhidrofobik yang mumpuni (Jereb dkk., 2025). Penelitian ini mengusulkan penggabungan serat katun dan nanopartikel ZnO sebagai pembentuk struktur mikro–nano hierarkis dengan SiO_2 menambah kekasaran, yang selanjutnya

dimodifikasi menggunakan HMDS untuk menurunkan energi permukaan tanpa melibatkan senyawa berbasis fluor. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan kain katun dengan sifat superhidrofobik yang kuat, stabil, dan aman, sekaligus mengisi celah penelitian terkait pengembangan pelapis superhidrofobik tekstil yang berkelanjutan dan aplikatif.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Memperoleh material ZnO-SiO₂ termodifikasi HMDS menggunakan metode *Sol-Gel* sebagai lapisan superhidrofobik
2. Menganalisis pengaruh *seed layer* terhadap pembentukan *roughness* mikro-nano ZnO dan kelekatan lapisan pada substrat
3. Menganalisis pengaruh intensitas ZnO pada komposisi material komposit ZnO-SiO₂.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, pertama memberikan panduan konsentrasi yang paling efektif untuk memperoleh superhidrofobisitas tinggi dengan daya tahan dalam jangka Panjang. Lapisan superhidrofobik yang biokompatibel pada material tekstil yang memiliki daya tolak air tinggi, memahami peran penting *seed layer* mekanisme pertumbuhan nanopartikel dan distribusi partikel ZnO dalam membentuk struktur mikro-nano pada tekstil beserta interaksi kimia-fisik.