

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Agen antibakteri anorganik sekarang ini lebih banyak dikembangkan karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu tidak mudah menyebabkan resistensi, toksisitas rendah, memiliki spektra antibakteri yang luas, stabilitas yang tinggi dan tahan terhadap panas (Lv dkk., 2020). Mineral anorganik alami yang memiliki porositas tinggi, seperti zeolit, telah menjadi alternatif yang berguna dan ekonomis untuk pengembangan desain agen antimikroba dengan sifat fisik dan kimia yang unik untuk berbagai aplikasi (Vergara-Figueroa dkk., 2019). Zeolit adalah aluminosilikat kristal terhidrasi, mengandung kation yang dapat dipertukarkan (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) yang mengkompensasi muatan negatif dalam jaringan Al-O-Si . SiO_4 dan AlO_4 unit tetrahedral, yang terhubung melalui atom oksigen bersama, membentuk struktur tiga dimensi (Mintcheva dkk., 2021). Zeolit alam memiliki keunggulan besar karena ketersediaannya melimpah di alam, biaya rendah, afinitas pertukaran kation, dan sifat tidak beracun, menjadikannya sebagai material antimikroba yang efisien (Romero dkk., 2023). Saat ini zeolit banyak digunakan dalam industri pertanian, medis, dan kimia, seperti proses adsorpsi, pertukaran ion, dan katalisis (Serati-Nouri dkk., 2020).

Zeolit memiliki sistem pori yang teratur dan luas permukaan yang besar, sifat termal dan stabilitas kimia yang tinggi, tidak beracun serta memiliki sifat pertukaran ion yang *reversible* (Makhtar dkk., 2020). Struktur kristal zeolit memiliki muatan negatif dan saling berhubungan sehingga dapat menyerap ion bermuatan positif. Zat beracun sebagian besar memiliki muatan positif, sehingga

zat beracun ini dapat terperangkap dalam kerangka zeolit (Serati-Nouri dkk., 2020). Menurut (Daou dkk., 2020) muatan negatif dalam kerangka zeolit tercipta dari substitusi atom Si oleh atom Al yang harus diisi oleh kation logam Ag, Cu, atau Zn agar dapat menghasilkan efek antibakteri, antivirus, dan antijamur. Salah satu metode yang sering digunakan adalah impregnasi basah yang melibatkan penggunaan larutan prekursor berlebih untuk mengisi pori-pori kerangka zeolit. Efisiensi pemuatan logam dengan impregnasi basah sekitar 70-75% (Walkowiak dkk., 2020). Alasan penggunaan zeolit sebagai *carrier agent* ion logam adalah material ini memungkinkan resistensi berkelanjutan terhadap pertumbuhan mikroba, karena migrasi ion logam yang terkendali pada media tempat partikel zeolit yang disebabkan oleh kapasitas pertukaran ion zeolit (Mintcheva dkk., 2021).

Ion Perak (Ag) telah diketahui memiliki sifat antibakteri serta merupakan salah satu kation yang dapat dengan mudah dipertukarkan untuk mengatur sifat antibakteri zeolit karena efisiensi bakterisida, keamanan, stabilitas termal yang terbukti serta dukungan alumosilikat yang stabil dan inert yang memungkinkan pelepasan Ag secara bertahap dan terus menerus ke dalam media (Nagy dkk., 2011). Logam Ag memiliki keunggulan dapat merusak membran sel bakteri dengan menginduksi stres oksidatif dan mengganggu fungsi protein (Zhang dkk., 2016). Ketika ion-ion Ag^+ dimuat ke dalam pembawa padat, ion-ion tersebut dapat dilepaskan secara perlahan ke lingkungan, sehingga aktivitas antibakterinya tetap terjaga dalam jangka waktu yang lama (Gemishev dkk., 2020).

Selain logam Ag, logam Cu juga merupakan material alternatif yang dapat memodifikasi zeolit agar memiliki sifat antibakteri karena logam tembaga juga mempunyai efek antibakteri yang signifikan terhadap mikroorganisme (Tekin dkk., 2016). Pada konsentrasi rendah, tembaga merupakan logam penting bagi organisme hidup, namun bersifat racun bagi sebagian besar mikroorganisme, sehingga menghambat pertumbuhan bakteri terlebih lagi logam Cu memiliki sensitivitas yang sangat rendah terhadap jaringan manusia namun sangat sensitif terhadap mikroorganisme. Aktivitas antimikroba disebabkan oleh penghambatan sintesis protein, perubahan membran sel mikroorganisme, dan perubahan atau penghancuran asam nukleat bakteri dan virus (Mintcheva dkk., 2021). Mekanisme antibakteri terjadi dengan melepaskan ion logam yang bersifat toksik dan abrasif secara perlahan melalui penyerapan, pelarutan, dan hidrolisis sehingga melisiskan sel bakteri (Slavin, Asnis, Hñfeli, dkk., 2017). Logam Cu memiliki permukaan yang dapat membunuh bakteri dengan kecepatan 7-8log/jam (Ruparelia dkk., 2008).

Pada penelitian yang dilakukan (Vergara-Figueroa dkk., 2019) tentang nanopartikel zeolit alam chili yang dimodifikasi dengan ion Cu^{2+} yang berasal dari $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ untuk uji antibakteri menggunakan metode cakram, MIC (konsentrasi hambat minimum), MIB (konsentrasi bakterisida minimum), dan difusi cakram. Uji aktivitas antibakteri menggunakan bakteri *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus* dipilih karena merupakan patogen utama makanan, banyak berkembang biak di suhu ruang terutama pada permukaan kulit manusia dan juga resistan terhadap banyak obat. Hasil uji mikrobiologi menunjukkan bahwa zeolit yang didoping dengan ion garam tembaga (nZH-Cu) mempunyai aktivitas

antimikroba dengan efek bakterisida terhadap strain bakteri bakteri *E.coli* dan *S.aureus*, patogen primer yang terdapat dalam makanan, dan resisten terhadap berbagai obat. Pada penelitian lain (Romero dkk., 2023) tentang pembuatan biomaterial menggunakan zeolit alam Chili didukung dengan nanopartikel CuO dan ion Cu^{2+} yang berasal dari CuSO_4 untuk uji antibakteri menggunakan metode MIC dan MBC terhadap bakteri *E.faecalis* dan *S.aureus* membuktikan bahwa zeolit/nanostruktur yang dimodifikasi ion Cu dapat dengan efektif menghasilkan zona antibakteri sehingga dapat menjadi agen antibakteri untuk aplikasi biomedis gigi tetapi sangat penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang aspek toksikologi. Pembuatan zeolit yang disintesis dengan AgNO_3 sebagai antibakteri menggunakan metode difusi cakram terhadap bakteri *E.coli* dan *S.aureus* membuktikan bahwa zeolit yang telah disintesis logam Ag dapat dengan efektif membuat zona antibakteri (Ishak dkk., 2020). Pembuatan zeolit sintesis berukuran nano yang dikombinasi dengan AgNPs yang berasal dari AgNO_3 serta grafena oksida untuk meningkatkan aktivitas antibakteri implan tulang menggunakan metode difusi cakram terhadap bakteri *E.coli* dan *S.aureus* (Abed dkk., 2021). Hasil penelitian dibandingkan dengan Zeo dan Zeo/Ag, nanokomposit Zeo/Ag-Go menunjukkan aktivitas antimikroba yang luar biasa, terutama pengaruh jangka panjang, mempertahankan efektivitas >97% terhadap bakteri *E.coli* dan >92% terhadap bakteri *S.aureus*.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi zeolit alam asal klaten menggunakan logam Ag dan logam Cu yang berasal dari senyawa AgNO_3 dan

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dengan metode impregnasi untuk membuat material antibakteri terhadap bakteri *E.coli* dan *S.aureus* menggunakan metode difusi sumuran.

I.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Memperoleh Zeolit termodifikasi logam Ag dan Cu menggunakan metode impregnasi.
2. Menentukan karakteristik zeolit alam termodifikasi logam Ag dan Cu menggunakan uji FTIR, AAS, dan SEM-EDX.
3. Menganalisis potensi zeolit alam asal klaten yang telah termodifikasi logam Ag dan Cu dengan berbagai konsentrasi sebagai material yang optimal dalam menghasilkan efek antibakteri pada bakteri *E.coli* dan *S.Aureus*.