

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Keamanan dan mutu pangan masih menjadi isu global yang terus mendapat perhatian seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap produk pangan yang aman, berkualitas tinggi, dan memiliki umur simpan yang lebih panjang (Adriani, 2022). Produk pangan, khususnya bahan pangan hewani seperti daging, sangat rentan mengalami kerusakan akibat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen karena kandungan air, protein, dan nutrisinya yang tinggi. Aktivitas mikroba tersebut tidak hanya menurunkan mutu sensori dan nilai gizi pangan, tetapi juga berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen (Indkk., 2026). Selama ini, pengendalian pertumbuhan mikroorganisme pada pangan banyak mengandalkan penggunaan bahan pengawet sintetis. Meskipun efektif, penggunaannya dalam jangka panjang menimbulkan kekhawatiran terkait potensi toksisitas, residu, dan resistensi mikroba, sehingga mendorong pengembangan bahan pengawet alami yang lebih aman dan ramah lingkungan (Dong dkk., 2024; Shoba dkk., 2025).

Kitosan merupakan salah satu biopolimer alami yang banyak dikembangkan sebagai bahan aktif antibakteri dalam bidang pangan. Kitosan diperoleh dari proses deasetilasi kitin dan memiliki sifat biodegradabel, biokompatibel, tidak toksik, serta mampu membentuk film sehingga berpotensi diaplikasikan sebagai bahan pengemas maupun agen pengawet pangan (Ke dkk., 2021). Aktivitas antibakteri kitosan berasal dari gugus amina bermuatan positif yang mampu berinteraksi

dengan dinding sel bakteri bermuatan negatif dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Nasaj dkk., 2024). Selain itu, kitosan banyak dikembangkan sebagai material kemasan pangan aktif (*active food packaging*) yang tidak hanya berfungsi sebagai pelindung produk, tetapi juga mampu memperpanjang umur simpan melalui penghambatan pertumbuhan mikroorganisme (Flórez dkk., 2022). Namun demikian, aktivitas antibakteri kitosan murni pada kondisi tertentu masih belum optimal sehingga diperlukan modifikasi struktur untuk meningkatkan kinerja biologisnya (Su dkk., 2020; Yadav dkk., 2024).

Salah satu strategi modifikasi kimia yang banyak diterapkan pada kitosan adalah pembentukan basa Schiff melalui reaksi antara gugus amina kitosan dan gugus karbonil aldehida aromatik. Modifikasi ini menghasilkan gugus imina ($>C=N-$) yang dapat meningkatkan stabilitas struktur kitosan, memperluas sistem konjugasi, serta mengubah sifat fisikokimia seperti hidrofobisitas dan muatan permukaan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan aktivitas antibakterinya (Çelikçi dkk., 2025). Aktivitas antibakteri turunan basa Schiff diduga berkaitan dengan keberadaan gugus imina ($>C=N-$) yang dapat meningkatkan interaksi antara senyawa dengan membran sel mikroorganisme sehingga mengganggu fungsi fisiologis sel dan menghambat pertumbuhan bakteri (Çelikçi dkk., 2025; Ismiyanto, Risdiana, dkk., 2025).

Berbagai aldehida aromatik telah digunakan sebagai agen pembentuk basa Schiff, di antaranya benzaldehida dan veratraldehida. Benzaldehida merupakan aldehida aromatik sederhana yang memiliki gugus karbonil reaktif terhadap gugus amina primer (Yang dkk., 2024), sedangkan veratraldehida (3,4-

dimetoksibenzaldehida) merupakan turunan aldehida aromatik yang memiliki gugus metoksi sebagai donor elektron pada cincin benzena. Keberadaan gugus tersebut dapat memengaruhi distribusi elektron dan sifat fisikokimia turunan kitosan yang dihasilkan, sehingga berpotensi memengaruhi aktivitas biologisnya, termasuk aktivitas antimikroba dan antioksidan (Orlo dkk., 2021). Oleh karena itu, penggunaan benzaldehida dan veratraldehida sebagai agen pembentuk basa Schiff menarik untuk dibandingkan guna mengetahui pengaruh struktur aldehida aromatik terhadap aktivitas antibakteri turunan kitosan yang dihasilkan.

Modifikasi lebih lanjut dapat dilakukan pada gugus hidroksil primer posisi C-6 kitosan melalui reaksi tosilasi. Gugus *p*-sulfoniltoluen berfungsi sebagai *leaving group* yang baik sehingga memudahkan substitusi oleh senyawa lain, termasuk asam amino (Devadoss, 2023). Salah satu asam amino yang berpotensi digunakan adalah L-lisin karena memiliki dua gugus amina yang dapat meningkatkan densitas muatan positif pada struktur kitosan hasil modifikasi. Peningkatan muatan positif tersebut diharapkan mampu memperkuat interaksi elektrostatik dengan dinding sel bakteri sehingga meningkatkan aktivitas antibakteri (Ke dkk., 2021).

Selain modifikasi menggunakan aldehida aromatik dan asam amino, peningkatan aktivitas antibakteri juga dapat dilakukan melalui pembentukan komposit dengan nanopartikel perak (AgNP). Nanopartikel perak dikenal memiliki aktivitas antimikroba yang luas terhadap berbagai jenis bakteri (Badawy dkk., 2019; Bruna dkk., 2021; Ismiyarto, Putri, dkk., 2025). Penggabungan turunan kitosan dengan nanopartikel perak berpotensi menghasilkan efek sinergis sehingga

meningkatkan efektivitas penghambatan pertumbuhan mikroorganisme dibandingkan masing-masing komponen secara terpisah. Selain itu, turunan kitosan dapat berfungsi sebagai *capping agent* yang membantu menstabilkan partikel perak melalui interaksi gugus amina, hidroksil, maupun imina pada permukaan partikel sehingga mencegah agregasi dan mempertahankan aktivitas biologisnya (Ismiyarto, Risdiana, dkk., 2025). Kombinasi turunan kitosan dan nanopartikel perak tersebut berpotensi menghasilkan material antibakteri yang efektif untuk aplikasi kemasan pangan aktif.

Meskipun modifikasi kitosan melalui pembentukan basa Schiff, substitusi asam amino, maupun pembentukan komposit berbasis nanopartikel perak telah banyak dilaporkan secara terpisah, penelitian yang mengombinasikan pembentukan basa Schiff menggunakan aldehida aromatik, substitusi L-lisin pada posisi C-6, dan pembentukan komposit berbasis nanopartikel perak dalam satu sistem modifikasi masih relatif terbatas. Selain itu, pengaruh penggunaan benzaldehida dan veratraldehida terhadap aktivitas antibakteri turunan kitosan yang dimodifikasi dengan L-lisin dan dikompositkan dengan nanopartikel perak belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mensintesis basa Schiff kitosan-benzaldehida dan basa Schiff kitosan-veratraldehida, memodifikasinya melalui pembentukan turunan 6-deoksi-6-*p*-sulfoniltoluen-basa Schiff kitosan dan substitusi L-lisin, serta membentuk komposit berbasis nanopartikel perak (AgNP). Selanjutnya, aktivitas antibakteri komposit yang diperoleh dievaluasi menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) sebagai upaya pengembangan material antibakteri

berbasis biopolimer alami untuk aplikasi kemasan pangan aktif dan pengawetan pangan.

I.2. Tujuan Penelitian

- I.2.1. Sintesis senyawa basa Schiff kitosan-benzaldehida dan basa Schiff kitosan-veratraldehida,
- I.2.2. Sintesis senyawa 6-deoksi-6-*p*-sulfoniltoluen-basa Schiff kitosan-benzaldehida dan 6-deoksi-6-*p*-sulfoniltoluen-basa Schiff kitosan-veratraldehida,
- I.2.3. Sintesis senyawa 6-deoksi-6-L-lisin-basa Schiff kitosan-benzaldehida dan 6-deoksi-6-L-lisin-basa Schiff kitosan-veratraldehida,
- I.2.4. Sintesis komposit 6-deoksi-6-L-lisin-basa Schiff kitosan-benzaldehida/Ag dan 6-deoksi-6-L-lisin-basa Schiff kitosan-veratraldehida/Ag,
- I.2.5. Penentuan aktivitas antibakteri dari senyawa hasil sintesis dan komposisinya menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC).