

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pesat industri tekstil berkontribusi terhadap peningkatan kesejahteraan manusia, namun berdampak negatif pada perubahan lingkungan (Setiyanto *dkk.*, 2015). Pencemaran lingkungan dari berbagai macam sumber daya telah menjadi masalah yang sangat serius pada beberapa tahun terakhir ini (Hamdaoui & Chiha, 2007). Peningkatan penggunaan zat warna sejalan dengan perkembangan sektor industri yang signifikan. Berbagai sektor industri seperti tekstil, kulit, kertas, karet, plastik, dan kosmetik memanfaatkan zat warna sebagai komponen utama dalam proses produksinya (Hidayati *dkk.*, 2016). Salah satu persoalan utama dari limbah industri tekstil adalah keberadaan zat warna di dalamnya. Selama proses perwarnaan kain, sekitar 10-15% pewarna tidak terserap optimal dan akhirnya terbuang bersama limbah cair (Setiyanto *dkk.*, 2015). Industri tekstil wajib memenuhi baku mutu limbah yang telah ditetapkan pemerintah untuk menjaga kualitas lingkungan, berdasarkan data baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri tekstil periode peralihan menyatakan debit limbah paling tinggi adalah 100 m³/ton produk tekstil dan pada rentang pH 6,0-9,0 (Permen KLHK, 2019).

Di antara berbagai jenis pewarna yang tersedia, *Remazol Red RB* adalah salah satu pewarna sintetis yang umum digunakan dalam industri tekstil. Pewarna azo sintetis ini sangat reaktif dan mampu menghasilkan warna merah cerah yang tahan lama, berkat keberadaan gugus kromofor dan auksokrom. Selain itu, struktur aromatik kompleks yang dimilikinya membuat *Remazol Red RB* sangat stabil dan sulit terdegradasi melalui proses oksidasi. *Remazol Red RB* termasuk salah satu zat warna tekstil yang penggunaannya lebih praktis jika dibandingkan dengan jenis pewarna lain seperti naftol, indigosol, serta pewarna lainnya. Hal tersebut dikarenakan pewarna yang sangat reaktif dan mudah larut dalam air (Fatimah & Gunawan, 2018)

Pelepasan zat warna ke dalam air limbah oleh berbagai industri menyebabkan permasalahan lingkungan yang sangat serius terhadap berbagai zat warna yang sifatnya persisten. Adanya zat warna dalam saluran air sangat mudah dideteksi

meski hanya dilepaskan dalam konsentrasi yang kecil. Bagi beberapa zat warna, konsentrasi zat warna kurang dari 1 mg/L di dalam air tentunya sangat terlihat, bahkan dalam jumlah kecil zat warna mampu memberikan warna pada wadah air yang besar (Hamdaoui & Chiha, 2007). Hal tersebut bukan semata-mata hanya mengganggu estetika dari perairan, namun terjadinya perubahan warna air karena zat warna memiliki efek penghambatan terhadap fotosintesis yang memengaruhi ekosistem perairan (Riskiani *dkk.*, 2018). Beberapa zat warna atau metabolitnya bersifat mutagenik atau toksik dan karsinogenik (Cristina P *dkk.*, 2007).

Upaya penanganan dari permasalahan tersebut telah dilakukan dengan berbagai macam cara. Berbagai metode seperti proses kimia, fisika, dan biologi dapat dimanfaatkan untuk menangani limbah cair. Khususnya limbah dari industri tekstil, metode kimia dan fisika cenderung efektif dalam menurunkan intensitas warna yang mencemari air, namun *high cost* dan menggunakan bahan kimia serta menyebabkan timbul banyaknya *sludge* (Sastrawidana *dkk.*, 2012). Saat ini, telah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa nanopartikel perak (NPAg) memiliki kemampuan fotokatalitik yang tinggi dalam merombak struktur kompleks zat warna ketika terkena cahaya tampak (Mohamed *dkk.*, 2012). NPAg dikenal sebagai katalis berbasis nanopartikel yang efektif dan tahan lama, serta dapat menginisiasi proses degradasi fotokatalitik menggunakan pancaran sinar UV maupun cahaya tampak (Wang *dkk.*, 2008). Penggunaan nanopartikel perak sebagai fotokatalis lebih baik dibandingkan langsung memanfaatkan logam perak sebagai fotokatalis dalam degradasi fotokatalitik. Hal ini dikarenakan logam perak dalam bentuk *bulk* (massa besar) hanya memiliki aktivitas foto yang kecil, seperti pada kasus emisi fotoelektron di elektroda perak. Sedangkan, nanopartikel perak menunjukkan peningkatan aktivitas fotokimia karena rasio luas permukaan terhadap volume yang tinggi dan sifat elektroniknya yang tidak biasa (Kamat, 2002).

Selain NPAg, TiO_2 merupakan salah satu fotokatalis yang sering dimanfaatkan dalam proses degradasi polutan. Namun kinerjanya dalam aktivitas fotokatalitik tergolong kurang efisien, karena luas permukaannya yang rendah dan sulit untuk memisahkannya dari campuran reaksi yang membuatnya kurang dapat digunakan kembali. TiO_2 dapat bekerja di sinar UV, sedangkan agar aktif di cahaya

tampak sering dilakukan doping logam atau non-logam untuk menurunkan band gap dan meningkatkan efisiensi fotokatalitiknya (Mishra dkk., 2018). Selain itu, ZnO juga sering dimanfaatkan secara tunggal sebagai fotokatalis semikonduktor. Namun memiliki keterbatasan karena kemampuannya yang rendah dalam mengadsorpsi adsorbat atau senyawa target yang akan didegradasi. Oleh karena itu, ZnO perlu dimobilisasi atau didukung pada material adsorben yang memiliki afinitas tinggi terhadap polutan guna meningkatkan efisiensi aktivitas fotokatalitiknya (Latifah dkk., 2023).

Nanopartikel umumnya memiliki ukuran tidak lebih dari 100 nm dan dapat diperoleh melalui dua pendekatan utama, yaitu *bottom up* dan *top down*. Pada metode *bottom up* (secara kimia), partikel disintesis dari atom, molekul, atau kluster kecil yang dikondensasi menjadi partikel nano. Sementara itu, metode *top down* (secara fisika) dilakukan dengan cara menghancurkan material berukuran besar menjadi ukuran nanometer menggunakan teknik seperti penyinaran laser atau proses evaporasi dan kondensasi (Narayanan & Sakthivel, 2011). Namun metode-metode tersebut dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti menghasilkan limbah berbahaya, penggunaan pelarut *toxic*, dan pemakaian energi besar, sehingga diperlukan pengembangan metode yang ramah lingkungan (Lestari dkk., 2020).

Salah satu pendekatan terbaru dalam sintesis katalis berukuran nano adalah dengan memanfaatkan senyawa metabolit dari tumbuhan untuk mereduksi ion logam, metode ini dikenal sebagai *green synthesis* atau fitosintesis (Kulkarni & Bhanage, 2014). Metode ini mampu menghasilkan nanopartikel yang lebih aman bagi lingkungan, karena mengurangi pemakaian zat anorganik berbahaya. Proses sintesis ini dinilai efisien karena berlangsung cepat, bersifat non-toksik, dan mendukung prinsip keberlanjutan. Secara prinsipnya *green synthesis* nanopartikel perak (NP_{Ag}) adalah mereduksi Ag^+ menjadi Ag^0 melalui reaksi autokatalitik oleh metabolit sekunder seperti terpenoid, flavonoid, alkaloid, alkaloid isoquinoline kuaterner, alkaloid aporfirin, dan lain-lain. Pada sejumlah penelitian menunjukkan bahwa senyawa tersebut memiliki kemampuan dalam membentuk nanopartikel dari logam tertentu (Akhtar dkk., 2013).

Menurut penelitian Wulandari dkk., (2020), ekstrak daun kepundung memiliki nilai IC50 sekitar 9-10 mg/L yang menunjukkan aktivitas antioksidan sangat kuat, sehingga ekstrak ini sangat efektif sebagai bioreduktor dalam proses reduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 . Sementara itu, menurut penelitian yang dilakukan oleh Bahriul dkk., (2014), ekstrak daun salam memiliki nilai IC50 yaitu 11-37 mg/L yang menunjukkan aktivitas antioksidan sedang dan potensi bioreduktor yang lebih rendah dibandingkan daun kepundung. Pada penelitian ini nanopartikel perak (NPAg) disintesis menggunakan ekstrak air daun kepundung (*Baccaurea racemosa Muell.Arg.*) yang umumnya tumbuh di Bali. Ekstrak air daun ini mengandung metabolit sekunder, yaitu saponin, tanin, polifenol, dan flavonoid (Wulandari dkk., 2020). Nanopartikel perak (NPAg) yang dihasilkan digunakan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi zat warna *Remazol Red RB* yang banyak digunakan pada industri pewarnaan tekstil.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya dalam latar belakang menjadi dasar dirumuskannya pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik nanopartikel perak (NPAg) menggunakan ekstrak air daun kepundung (*Baccaurea racemosa Muell.Arg.*)?
2. Berapa kondisi optimum pH zat warna, waktu iradiasi, konsentrasi zat warna, dan volume zat warna degradasi fotokatalitik zat warna *Remazol Red RB* menggunakan nanopartikel perak (NPAg)?
3. Bagaimana efisiensi proses degradasi zat warna *Remazol Red RB* secara fotokatalitik menggunakan nanopartikel perak (NPAg)?

1.3 Tujuan Penelitian

Permasalahan yang telah disampaikan sebelumnya menjadi dasar penetapan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui karakteristik nanopartikel perak (NPAg) menggunakan ekstrak air daun kepundung (*Baccaurea racemosa Muell.Arg.*).
2. Untuk mengetahui berapa kondisi optimum pH zat warna, waktu iradiasi, konsentrasi zat warna, dan volume zat warna degradasi fotokatalitik zat warna *Remazol Red RB* menggunakan nanopartikel perak (NPAg).

3. Untuk mengetahui efisiensi proses degradasi zat warna *Remazol Red RB* secara fotokatalitik menggunakan nanopartikel perak (NPAg).

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat menambah perkembangan ilmu pengetahuan, karena pengetahuan mengenai sintesis nanopartikel perak yang dapat berfungsi sebagai fotokatalis yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan untuk mendegradasi zat warna tekstil semakin bertambah banyak.

1.4.2 Bagi Masyarakat

Memberikan informasi kepada masyarakat tentang kegunaan daun kepundung dalam mendegradasi zat warna tekstil air limbah.

1.5 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu diperhatikan agar hasil yang diperoleh tidak disalahartikan dan tetap berada dalam ruang lingkup yang telah ditentukan sebagai berikut.

- 1.5.1** Penelitian ini terbatas pada pengamatan efisiensi degradasi zat warna *Remazol Red RB* berdasarkan penurunan nilai absorbansi menggunakan spektrofotometri UV-Vis.
- 1.5.2** Pengujian hanya berfokus pada efektivitas degradasi menggunakan NPAg hasil sintesis, tanpa dilakukan analisis lanjutan seperti GC-MS, LC-MS, atau uji toksikologi terhadap hasil akhir degradasi.
- 1.5.3** Penelitian ini difokuskan pada karakterisasi struktur dan aktivitas degradasi fotokatalitik NPAg hasil sintesis. Analisis rendemen sintesis belum dilakukan, sehingga aspek efisiensi produksi NPAg belum menjadi cakupan studi ini.
- 1.5.4** Penelitian tidak mencakup uji daur ulang (reusabilitas) katalis, sehingga stabilitas dan keberlanjutan penggunaan NPAg dalam siklus degradasi berulang belum dievaluasi.