

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia semakin berkembang, hal tersebut secara langsung mendorong tumbuhnya perindustrian. Industri tekstil memainkan peran penting dalam pembangunan ekonomi di banyak negara berkembang diantaranya Indonesia, Cina, Vietnam, India, dan Srilanka (Masum, 2016). Industri ini menggunakan bahan baku seperti kapas, serat sintetis dan wol serta bahan kimia termasuk pewarna. Sekitar 10.000 jenis pewarna sintetis berbeda tersedia di pasar dan produksi tahunan pewarna ini di seluruh dunia mencapai lebih dari 700.000 ton. Hampir 200.000 ton pewarna sintetis dibuang ke lingkungan karena proses pewarnaan yang tidak efisien yang digunakan dalam industri tekstil. Menurut estimasi Bank Dunia, sekitar 17–20% air limbah industri dihasilkan dari proses pewarnaan dan *finishing* tekstil (Holkar dkk., 2016; Ribeiro dkk., 2017; Hossain dkk., 2018) . Perkembangan industri yang semakin pesat tetapi tidak diimbangi dengan teknologi pengolahan limbah yang tepat dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan seperti pencemaran limbah industri seperti limbah organik, pewarna, dan elemen logam.

Manusia sebagai khalifah Allah di bumi sudah seharusnya mampu menjalankan kewajibannya terhadap alam semesta seperti memelihara dan menjaganya, serta memulihkannya jika terjadi suatu kerusakan. Hal ini sesuai dengan kalamullah al qadim surat Hud ayat 61 sebagai berikut

﴿وَالَّذِينَ تَبَوَّءُوا الدَّيَّاتِ وَالْجَبَّاتِ لَمَّا خَلَقْنَا الْإِنسَانَ مِنْ نَارِ لَاحِقٍ﴾

﴿مِنَ الْأَرْضِ وَأَسْتَعْمَرَكُمْ فِيهَا فَاسْتَغْفِرُوهُ ثُمَّ تَوْبُوا إِلَيْهِ إِنَّ رَبِّي قَرِيبٌ مُجِيبٌ﴾

61. Dan kepada Tsamud (Kami utus) saudara mereka Shaleh. Shaleh berkata: "Hai kaumku, sembahlah Allah, sekali-kali tidak ada bagimu Tuhan selain Dia. Dia telah menciptakan kamu dari bumi (tanah) dan menjadikan kamu pemakmurnya, karena itu

mohonlah ampunan-Nya, kemudian bertobatlah kepada-Nya, Sesungguhnya Tuhanku amat dekat (rahmat-Nya) lagi memperkenankan (doa hamba-Nya)"



Shihab (2006) menjelaskan dalam tafsir al Misbah bahwa Allah SWT telah menciptakan manusia dari bumi (tanah) dan menjadikannya untuk memakmurkannya. Huruf sin dan ta' dalam kata ista'mara ada yang memahaminya sebagai perintah sehingga berarti Allah memerintahkan manusia memakmurkan bumi. Thabataba'i memahami kata tersebut dalam arti mengolah bumi sehingga beralih menjadi suatu tempat dan kondisi yang bisa dipetik manfaatnya. Salah satu bentuk interpretasi memakmurkan bumi adalah dengan mengatasi pencemaran lingkungan melalui degradasi limbah organik zat warna.

Methylene Blue (MB) merupakan salah satu zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil untuk pencelupan kapas, kayu, dan kulit (Brião dkk., 2018) . Banyaknya pemakaian MB disebabkan karena harganya yang sangat murah. Namun, pewarna MB menyebabkan efek berbahaya bagi kesehatan manusia seperti mual, muntah, peningkatan denyut jantung dan iritasi mata/kulit (Jawad dkk., 2017; Jawad & Abdulhameed, 2020). MB mengandung zat warna dengan kadar 20-30 mg/l sehingga sulit terurai secara alami dan menyebabkan gangguan ekosistem pada air (Firmansyah dkk., 2019) . Oleh karena itu, pengolahan air limbah industri yang tepat menjadi penting sebelum dibuang ke lingkungan.

Beberapa cara pengolahan limbah cair tekstil secara konvensional telah banyak dikembangkan oleh para peneliti seperti filtrasi, adsorpsi, dan ozonisasi (Hube dkk., 2020; Wang & Chen, 2020; Rashid dkk., 2021). Namun, metode tersebut memiliki beberapa kelemahan seperti menghasilkan produk sampingan yang berbahaya dan menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar, yang memerlukan metode pembuangan atau regenerasi yang mahal (Reza dkk., 2017) . Belakangan ini penggunaan metode fotokatalis sebagai teknik pengolahan limbah telah banyak diteliti (Babu dkk., 2016; Zhu dkk., 2016) . Fotokatalisis didefinisikan sebagai perubahan laju reaksi kimia atau inisiasinya di bawah sinar ultraviolet dan cahaya tampak dengan bantuan suatu zat yang dapat menyerap cahaya (Byrne dkk., 2015) . Fotokatalis merupakan metode yang efektif, murah, sederhana, dan ramah lingkungan untuk mendegradasi berbagai polutan dan dapat menguraikan senyawa polutan

organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak beracun seperti CO₂, HCl dan air (Srikanth dkk., 2017).

Ada beberapa bahan semikonduktor katalis yang umum digunakan, seperti TiO₂, ZnO, WO₃, Fe₂O₃, MoS₂, WS, CuS, ZnS, dan CdS. Semikonduktor tersebut cocok untuk digunakan sebagai bahan fotokatalis karena memiliki pita valensi penuh dan pita konduksi kosong (Zhang dkk., 2019) . Namun memiliki keterbatasan seperti rentan terhadap korosi ringan, yang mengakibatkan keterbatasan jumlah fotokatalis yang dapat dipulihkan. Titanium dioksida (TiO₂) merupakan pilihan yang paling ideal untuk digunakan sebagai bahan fotokatalis karena kemampuan fotoaktivitasnya yang sangat efisien, memiliki celah pita sempit (*rutile*: 3,0 eV, *anatase*: 3,4 eV, dan *brookite*: 3,3 eV), stabil dalam larutan, ekonomis, sensitif terhadap sinar UV, serta mampu mendegradasi berbagai polutan organik dan anorganik (Calia dkk., 2017) . Meskipun demikian, fotokatalisis berbasis TiO₂ memiliki beberapa keterbatasan seperti hanya aktif ketika disinari oleh sinar UV, yang membuatnya tidak efektif di bawah sinar matahari, karena spektrum matahari hanya terdiri dari sekitar 4% sinar UV (Abdullah dkk., 2017). Permasalahan lain adalah sulitnya pemisahan dan pemulihan TiO₂ setelah proses pemurnian juga memakan waktu karena ukurannya yang kecil, dimana jika tetap digunakan hal ini nantinya akan menimbulkan permasalahan lingkungan lain (Wysocka dkk., 2018).

Belakangan ini *spinel ferrite nanoparticles* (SFNPs) banyak diteliti karena dapat digunakan sebagai katalis dan penghilangan polutan melalui adsorpsi atau fotodegradasi (Boruah dkk., 2017; Kefeni dkk., 2017; Shekofteh-Gohari & Habibi-Yangjeh, 2017). SFNPs memiliki kapasitas adsorpsi yang baik, yang merupakan salah satu prasyarat penting bagi nanopartikel untuk bertindak sebagai bahan fotokatalitik (Kefeni & Mamba, 2020) . *Cobalt Ferrite* (CoFe₂O₄) merupakan salah satu katalis terbaik karena keefektifannya, ekonomis, dapat digunakan untuk pemulihan secara magnetis, dapat digunakan kembali, dan tidak beracun (Kefeni & Mamba, 2020) . Dalam hal ini, kombinasi fotokatalis dan partikel magnetik adalah solusi yang cocok untuk meningkatkan efisiensi dalam menghilangkan polutan organik dari air

limbah melalui adsorpsi dan efek fotokatalitik, kemudahan pemisahan dari campuran larutan setelah digunakan untuk pengolahan air limbah oleh medan magnet eksternal dan *reusable*. (Bagheri & Julkapli, 2016).

Pada penelitian sebelumnya, Ag/Ag₃VO₄ dan 5% CoFe₂O₄/Ag/Ag₃VO₄ berhasil disintesis untuk mendegradasi dua larutan berbeda yang mengandung tetrasiklin yang disinari selama 8 menit, hasilnya menunjukkan bahwa masing-masing 49,75% dan 61,48% tetrasiklin berhasil terdegradasi, yang mengkonfirmasi adanya peningkatan aktivitas fotokatalitik Ag/Ag₃VO₄ setelah penambahan 5% nanokomposit CoFe₂O₄ (Jing dkk., 2016).

Para peneliti telah mengembangkan banyak metode sintesis untuk fabrikasi nanopartikel yang memiliki manfaat penting bagi alam dan lingkungan melalui metode *green synthesis* yang mencakup organisme seperti bakteri, jamur, dan tumbuhan. karena memiliki lebih banyak keuntungan dibandingkan metode kimia konvensional, seperti ekonomis, tidak beracun, dan ramah lingkungan karena nanopartikel distabilkan menggunakan bahan biogenik (Gour & Jain, 2019). *Green synthesis* menggunakan ekstrak tumbuhan alami adalah proses yang ramah lingkungan dan murah dan dapat mengurangi penggunaan bahan kimia (Jadoun dkk., 2021). Bahan tanaman mengandung molekul biogenik yang mampu bertindak sebagai pengubah dan capping agent untuk sintesis nanopartikel (Osuntokun dkk., 2019). Beberapa tumbuhan telah berhasil digunakan untuk sintesis nanopartikel CoFe₂O₄, diantaranya adalah daun zaitun (*Olea europaea*) (Banifatemi dkk., 2021), cengkih (*Syzygium aromaticum*) (Al-Gethami dkk., 2022), biji kapulaga (*Elettaria cardamomum*) (Gingaşu dkk., 2017), daun mimba (*Azadirachata indica*) (Saeed dkk., 2018), dan daun kelor (*Moringa oleifera*) (Mehwish dkk., 2021).

Daun kelor dengan nama latin *Moringa oleifera* (MO) adalah pohon serba guna yang paling banyak dipelajari. Bagian tanaman MO telah dilaporkan memiliki berbagai parameter fitokimia (Bhalla dkk., 2021), yang merupakan sumber antioksidan yang baik. Fitokimia, seperti protein, terpenoid, flavonoid, polifenol, gula, pati, alkaloid, dan asam fenolik sangat baik untuk sintesis nanopartikel logam (Kalaiyan dkk., 2021).

Pada penelitian sebelumnya, nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ telah berhasil di sintesis menggunakan metode *green synthesis* dengan ekstrak daun kelor. Adapun parameter yang digunakan pada penelitian tersebut ialah konsentrasi TiO_2 . Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa tingkat kemagnetan CoFe_2O_4 menurun dengan peningkatan konsentrasi TiO_2 . Tingkat degradasi maksimum mencapai 98,5% dan hal ini terjadi seiringan dengan bertambahnya konsentrasi TiO_2 . Reusability fotokatalis juga diselidiki, hasil yang diperoleh nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ sebagai fotokatalis magnetik dapat didaur ulang sebanyak tiga kali dengan laju degradasi di atas (Puspitarum dkk., 2022a).

Dari paparan di atas maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengembangan bahan fotokatalis berbasis nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dibuat nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ yang disintesis dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun kelor sebagai agen pereduksi nanopartikel dengan massa katalis sebagai parameter penelitian untuk mengetahui pengaruh massa katalis terhadap proses fotodegradasi. Karakterisasi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ dengan ekstrak daun kelor akan dilakukan untuk menganalisis struktur dan sifat optik, dengan variasi massa katalis yang digunakan yaitu 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; dan 0,1 gram. Aktivitas fotokatalitik diuji dengan MB sebagai model limbah pewarna organik dibawah pemaparan cahaya UV untuk meninjau efisiensi degradasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana proses *green synthesis* nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ dengan ekstrak daun kelor?
2. Bagaimana aktivitas fotokatalis nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ untuk degradasi MB?
3. Bagaimana pengaruh variasi massa pada nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ terhadap persentase senyawa MB yang terurai?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang diterapkan untuk memudahkan analisa penelitian ini antara lain :

1. Kajian pengaruh *green synthesis* dengan ekstrak daun kelor pada nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ hanya dilakukan terhadap variasi massa katalis 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; dan 0;1 gram.
2. Uji aktivitas fotokatalitik *green synthesis* nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ hanya dilakukan di laboratorium menggunakan spektrum UV-Vis dan pengujian skala lapangan tidak dilakukan, dengan MB sebagai limbah pewarna buatan yang digunakan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ dengan ekstrak daun kelor menggunakan metode *green synthesis*.
2. Mengetahui aktivitas fotokatalis pada nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ dalam mendegradasi MB.
3. Menganalisis pengaruh variasi massa katalis pada nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ terhadap persentase senyawa MB yang terurai.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh *green synthesis* dengan ekstrak daun kelor pada nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ terhadap sifat karakteristik nanokomposit dan aktivitas fotokatalitik.
2. Sebagai referensi untuk pembelajaran dan penelitian selanjutnya tentang penguraian air limbah.
3. Memberi pengetahuan tentang *green synthesis* nanokomposit untuk fotodegradasi limbah cair.

1.6 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini digunakan beberapa metode pengumpulan data, yaitu:

1. Studi Literatur

Metode pengumpulan data dilakukan sebagai langkah awal penelitian dengan cara mengumpulkan materi yang berhubungan dengan topik penelitian yang sedang di kerjakan dari berbagai referensi baik berupa jurnal, paper, buku dan skripsi.

2. Eksperimen

Dalam metode eksperimen dilakukan proses sintesis ekstrak daun kelor, sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 , sintesis nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$, dan kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui aktivitas fotokatalitik dalam mendegradasi MB.

3. Karakterisasi

Karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain *X-ray Diffractometer (XRD)*, *Spectroscopy Ultra Violet-Visible*, *Fourier Transform Infra-Red spectroscopy (FTIR)* dan uji aktivitas fotokatalis.

