

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah biomassa yang dihasilkan dari industri kelapa sawit, dengan jumlah dengan potensi sekitar 8,93 juta ton (BPS, 2023). Limbah tandan kosong kelapa sawit terdiri dari tandan buang kosong, serat, dan cangkang biji yang masing-masing sebesar 23%, 13,5%, dan 5,5% dari total massa tandan buah segar (Nata et al., 2022). Pengelolaan limbah TKKS di Indonesia masih menjadi salah-satu tantangan karena kurangnya fasilitas daur ulang yang memadai, menyebabkan akumulasi limbah yang berpotensi membusuk dan mencemari lingkungan, seperti pelepasan gas rumah kaca dan penurunan kualitas air tanah (Wulandari et al., 2023). Kandungan kimia dari TKKS terdiri atas senyawa lignoselulosa yang terdiri dari selulosa sebesar 55,25%, hemiselulosa sebesar 27,81% , dan lignin sebesar 16,49% (Randis et al., 2024).

Selulosa dalam limbah TKKS memiliki potensi besar untuk disintesis menjadi produk bernilai tinggi seperti *nanocrystalline cellulose* (NCC), yang dapat memberikan solusi terhadap permasalahan limbah TKKS (Soetaredjo et al., 2022). *Nanocrystalline cellulose* merupakan nanopartikel berwarna putih, berdiameter sekitar 5 hingga 20 nm dan panjang 20 hingga 100 nm dengan struktur kristalin tinggi sekitar 54 hingga 88% (Kaur et al., 2021). Nanopartikel ini memiliki radikal hidroksil (-OH) pada strukturnya yang memberikan sifat hidrofilik, memungkinkan modifikasi kimia dan meningkatkan interaksi dengan material lain. Karakteristik ini sangat penting untuk aplikasi matriks dalam industri dan pengelolaan limbah (Nair et al., 2020). Selain itu, keberlanjutannya sebagai bahan ramah lingkungan, karena berasal dari biomassa, semakin meningkatkan daya tariknya (Norizan et al., 2022)

Nanocrystalline cellulose banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, salah-satunya sebagai matriks fotokatalis dalam proses pengolahan limbah cair (Mishra et al., 2023). Fotokatalis sendiri sering digunakan sebagai katalis untuk mempercepat reaksi kimia dengan bantuan cahaya seperti sinar UV untuk

menghasilkan radikal bebas yang mampu mendegradasi polutan organik dalam limbah cair (Li et al., 2020). Salah-satu fotokatalis yang dikenal luas karena efisiensi tinggi dalam aplikasi fotokatalisnya yaitu, *Aeroxide TiO₂ P25* yang merupakan fotokatalis berbasis titanium dioksida (TiO₂) dengan bentuk serbuk berwarna putih dan ukuran sekitar 10 µm. Namun, fotokatalis berbasis titanium dioksida sering mengalami aglomerasi yang mengurangi efektivitasnya (Rejek et al., 2021). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penggunaan NCC sebagai bahan matriks dalam fotokatalis berbasis titanium dioksida, yang dapat mencegah aglomerasi pada proses fotokatalitik.

Sintesis NCC dilakukan dengan proses delignifikasi dan hidrolisis asam yang dipilih karena dapat menghasilkan yield sekitar 55 hingga 70% (Soetaredjo et al., 2022). Penelitian terdahulu mengenai proses delignifikasi dilakukan dengan variabel konsentrasi NaOH berkisar 3% hingga 10%, suhu delignifikasi berkisar 90°C hingga 110°C selama 90 menit. Semakin tinggi konsentrasi NaOH dan suhu delignifikasi, kandungan lignin akhir menurun sehingga menghasilkan serat selulosa yang lebih murni, dimana hasil terbaik berada pada konsentrasi NaOH 10% dan suhu delignifikasi 110°C (Permana et al., 2024). Pada penelitian lain digunakan variabel kecepatan pengadukan 100 hingga 300 rpm dengan konsentrasi NaOH 10% dan didapatkan hasil lignin terendah sebesar 7,75% ada pada kecepatan pengadukan 300 rpm, dimana kecepatan pengadukan yang rendah akan lebih sulit untuk mengurangi kadar lignin dalam bahan (Fajrianti et al., 2022). Selain itu, penelitian terdahulu mengenai hidrolisis asam pada selulosa dilakukan dengan variabel konsentrasi H₂SO₄ berkisar 40% hingga 65%, suhu hidrolisis berkisar 25°C hingga 55°C dan waktu reaksi berkisar 50 hingga 120 menit. Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan NCC terbaik dengan ukuran panjang 272,5 nm dan diameter 10 nm pada variabel konsentrasi H₂SO₄ sebesar 65%, dengan suhu hidrolisis 25°C dan lama waktu reaksi 120 menit. Semakin tinggi konsentrasi H₂SO₄ dan lama proses hidrolisis maka semakin banyak selulosa amorf yang akan terdegradasi, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan bagian kristalin selulosa ikut terdegradasi (Yu et al., 2021). Kecepatan pengadukan tidak memiliki pengaruh cukup signifikan terhadap hasil yield NCC, tetapi hasil yield

tertinggi dari penelitian terdahulu dengan variasi kecepatan pengadukan 100 hingga 200 rpm menunjukkan jika hasil yield terbanyak berada pada kecepatan pengadukan 150 rpm (Abbasi et al., 2024)

Penelitian terdahulu mengenai pembuatan komposit NCC-TiO₂ sebagai aplikasi fotokatalis sudah pernah dilakukan dengan variabel bebas komposisi TiO₂ berkisar 1% hingga 5% dan waktu pengadukan selama 15 dan 20 menit, hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan komposisi TiO₂ yang tinggi mengakibatkan aglomerasi pada proses fotokatalitik, sebaliknya waktu proses sintesis yang lebih lama menghasilkan nanokomposit yang lebih baik, dimana semakin lama waktu sintesis semakin banyak TiO₂ yang dapat berikatan dengan NCC (Ratnawati et al., 2023). Pada penelitian lain mengenai sintesis nanokomposit, kecepatan pengadukan memiliki pengaruh terhadap ukuran partikel yang dihasilkan, dimana pada variasi kecepatan 500 hingga 3000 rpm didapatkan jika kecepatan 1000 rpm menghasilkan partikel dengan kristalinitas terbaik (Bett & Kiprotich, 2024). Selain itu, suhu yang digunakan menurut penelitian terdahulu dengan variasi suhu 70°C hingga 90°C memiliki pengaruh terhadap ukuran nanopartikel yang dihasilkan, dimana suhu 70°C menjaga fase dari campuran agar tidak mengeras sebelum komposit homogen (Pimsawat et al., 2024).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan NCC sebagai matriks ramah lingkungan dalam meningkatkan kualitas fotokatalis berbasis TiO₂ dengan memanfaatkan limbah TKKS sebagai bahan baku. Pada proses ini digunakan variasi komposisi NCC dan waktu pengadukan sebagai faktor utama yang mempengaruhi hasil. Komposisi NCC yang digunakan yaitu 10% hingga 50%, sedangkan waktu pengadukan yang digunakan yaitu 20 hingga 100 menit. Kemudian digunakan suhu proses sintesis 70°C dengan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Produk akhir akan dievaluasi kesesuaiannya dengan standar produk fotokatalis berbasis TiO₂ yaitu *Aeroxide TiO₂ P25* berdasarkan parameter Material Safety Data Sheet (MSDS) yang sudah yang meliputi bentuk berupa serbuk halus berwarna putih dengan diameter sekitar 10 µm. Hasil dengan massa nanokomposit terbaik akan diuji menggunakan FT-IR untuk menentukan gugus fungsi sebagai informasi berhasilnya pembentukan komposit NCC-TiO₂,

kemudian dilakukan uji SEM untuk mengetahui karakter morfologi dari nanokomposit NCC-TiO₂.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk mensintesis *nanocrystalline cellulose* dari limbah TKKS sebagai material pendukung dalam fotokatalis berbasis TiO₂ yang sesuai dengan standar produk fotokatalis berbasis TiO₂ (*Aeroxide TiO₂ P25*).
2. Untuk mengetahui pengaruh komposisi *nanocrystalline cellulose* yang digunakan serta pengaruh waktu pengadukan pada proses sintesis terhadap sintesis nanokomposit fotokatalis.
3. Untuk mengetahui karakteristik komposit NCC-TiO₂ sebagai fotokatalis dengan modifikasi.

I.3 Manfaat Penelitian

1. Memanfaatkan limbah organik TKKS menjadi produk yang bernilai tinggi dan bermutu.
2. Mengetahui pengolahan selulosa murni dari hasil sintesis limbah organik TKKS menjadi *nanocrystalline cellulose*.
3. Mengetahui pemanfaatan *nanocrystalline cellulose* sebagai *green hybrid* pada aplikasi fotokatalis berbasis TiO₂.