

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PLTU masih menjadi sumber pembangkit listrik utama di Indonesia. Pada tahun 2020, total kapasitas PLTU terpasang di Indonesia adalah 20.277,63 MW atau 32,02% dari total kapasitas pembangkit listrik terpasang di Indonesia (PLN, 2021). PLTU beroperasi menggunakan bahan bakar berupa batubara. Aktivitas pembakaran batubara tersebut menghasilkan limbah berupa *fly ash* dan *bottom ash* (FABA). *Fly ash* adalah fraksi partikel berukuran kurang dari 0,074 mm yang diemisikan bersama dengan gas buang. Sedangkan *bottom ash* adalah fraksi partikel berukuran 0,5-2 mm yang dikeluarkan dari dasar peralatan melalui *hopper* (Widjacksono, 2021).

Salah satu PLTU yang ada di Indonesia adalah PLTU Ombilin yang berada di Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. Berdasarkan data dari PLN (2021), FABA yang dihasilkan oleh PLTU Ombilin mencapai 220.000 ton/tahun. FABA yang tidak diolah dengan baik dapat menyebabkan pencemaran air, tanah, dan udara, serta berpotensi menimbulkan penyakit silikosis yang disebabkan oleh kelebihan silika di dalam tubuh (Kurnia, 2021). Penelitian yang pernah dilakukan terkait pemanfaatan FABA dari PLTU Ombilin adalah sintesis *fly ash* menjadi faujasit (Septiani *et al*, 2016) dan sintesis *bottom ash* menjadi sodalit (Oktaviani dan Muttaqin, 2015). Pemanfaatan FABA menjadi zeolit dilakukan karena FABA kaya akan SiO_2 dan Al_2O_3 (Boycheva *et al*, 2021). FABA kelas F memiliki kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 yang lebih besar dari 70%, sedangkan FABA kelas C memiliki kandungan kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 yang lebih besar dari 50%. Untuk meminimalkan dampak FABA terhadap lingkungan, perlu dilakukan perluasan potensi pemanfaatannya. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan menyintesis FABA menjadi zeolit A yang digunakan sebagai katalis untuk proses transesterifikasi biodiesel (Liu *et al*, 2019; Ginting dan Yassien, 2018; Dang *et al*, 2017).

Biodiesel adalah bahan bakar nabati yang dianggap berpotensi sebagai pengganti bahan bakar solar konvensional karena sifatnya yang *biodegradable*, terbarukan, dan rendah emisi (CO₂, SO₂, partikulat, dan hidrokarbon) (Luque *et al*, 2008). Biodiesel merupakan campuran alkil ester dengan asam lemak rantai panjang yang berasal dari sumber hayati melalui reaksi esterifikasi atau transesterifikasi dengan bantuan katalis (Ma dan Hanna, 1999). Karena potensinya sebagai bioenergi, Indonesia telah menerapkan penggunaan biodiesel pada kendaraan dalam bentuk B30 (campuran biodiesel sebesar 30%) sejak Mei 2019 (Ditjen EBTKE, 2019).

Saat ini, pengembangan katalis untuk transesterifikasi biodiesel berfokus pada kemampuan katalis untuk tetap mempertahankan katalisis yang baik dalam produksi biodiesel dan menghemat biaya produksi pada saat pemurnian biodiesel, salah satunya adalah katalis basa heterogen (Lee *et al*, 2014). Permukaan dan pori-pori zeolit A terdapat sebagian besar Na⁺ yang dapat menyebabkan katalisis yang baik dalam proses transesterifikasi (Wang dan Chen, 2016). Pada penelitian yang dilakukan oleh Dang *et al* (2013), zeolit A digunakan sebagai katalis pada proses transesterifikasi biodiesel menggunakan minyak kedelai pada temperatur 63°C, rasio metanol:minyak 20:1, waktu reaksi 60 menit, dan katalis yang digunakan adalah 50-55% berat menghasilkan *yield* sebesar 97,0%. Dang *et al* (2017) juga menggunakan zeolit A katalis pada proses transesterifikasi biodiesel dari triolein. *Yield* biodiesel yang dihasilkan adalah 92,8% dengan temperatur operasi 62,9°C, rasio metanol:minyak 36,6:1, waktu reaksi 146 menit dan katalis yang digunakan 72% berat.

Berdasarkan literatur sebelumnya, telah dilakukan penelitian terkait sintesis zeolit A dari FABA menggunakan metode hidrotermal. Tanaka dan Fuji (2009) melakukan sintesis zeolit A dari *fly ash* dengan rasio mol SiO₂/Al₂O₃ 1 pada temperatur 85°C dan waktu kristalisasi 24 jam. Wang *et al* (2008) melakukan sintesis zeolit A dari *fly ash* yang didapatkan dari PLTU yang ada di provinsi Henan yang ada di Cina, rasio SiO₂/Al₂O₃ 2,22, temperatur kristalisasi 100°C, dan waktu kristalisasi selama 5,67 jam. Nikmah *et al* (2019) melakukan sintesis zeolit A menggunakan *bottom ash* yang didapatkan dari PLTU PT. IPMOMI yang ada di Probolinggo menggunakan rasio Si/Al 1, temperatur kristalisasi 160°C, dan waktu kristalisasi 24 jam. Lalu, Ginting dan Yassien (2018) melakukan sintesis zeolit A

menggunakan *bottom ash* yang didapatkan dari PLTU Tarakan Lampung Selatan dengan rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 1,92, temperatur kristalisasi 95°C dan waktu kristalisasi 2,5 jam.

Pemanfaatan limbah FABA yang disintesis menjadi zeolit A sebagai katalis pada proses transesterifikasi biodiesel memiliki potensi yang baik dan sejalan dengan kebijakan nasional. Pada penelitian ini, zeolit A disintesis dari FABA PLTU Ombilin dengan metode hidrotermal teraktivasi alkali berdasarkan variasi rasio mol $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, temperatur kristalisasi, dan waktu kristalisasi. Penelitian ini juga memberikan informasi tentang aplikasi zeolit A sebagai katalis heterogen untuk transesterifikasi biodiesel.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian tesis ini adalah untuk menyintesis dan mengevaluasi zeolit A dari FABA yang dihasilkan oleh proses pembakaran batubara PLTU Ombilin sebagai katalis pada proses transesterifikasi biodiesel.

Tujuan dari penulisan tesis ini adalah:

1. Menganalisis sifat fisik dan kimia FABA;
2. Menyintesis zeolit A dengan metode hidrotermal berdasarkan pengaruh rasio mol $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, temperatur kristalisasi, dan waktu kristalisasi;
3. Menganalisis komposisi kimia, luas permukaan, dan morfologi zeolit;
4. Mengevaluasi aktivitas katalis pada proses transesterifikasi biodiesel dari minyak sawit dan minyak jelantah.

1.3 Manfaat Penelitian Tesis

Penelitian ini memberikan informasi terkait karakteristik zeolit A sintesis dari FABA yang dihasilkan PLTU Ombilin. Zeolit A diaplikasikan sebagai katalis untuk proses pembuatan biodiesel. FABA yang dianggap sebagai limbah dapat dioptimalkan pemanfaatannya.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel FABA yang digunakan berasal dari PLTU Ombilin Kota Sawahlunto;

2. Sintesis zeolit A dari limbah FABA pada temperatur 90°C dengan variasi rasio mol SiO₂/Al₂O₃ (2,1; 2,3; dan 2,5) dan waktu kristalisasi (3, 6, dan 10 jam);
3. Evaluasi kinerja zeolit A sebagai katalis pada proses transesterifikasi biodiesel dari minyak sawit untuk menentukan katalis terbaik;
4. Analisis zeolit A menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan *Brunauer–Emmett–Teller* (BET);
5. Evaluasi kondisi operasi proses transesterifikasi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis terbaik dengan variasi temperatur (45°C, 55°C, dan 65°C) rasio mol metanol:minyak (8:1; 10:1; 12:1; dan 14:1), dan berat katalis (1, 2, 3, dan 4%);
6. Evaluasi karakteristik biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015 Biodiesel (massa jenis 40°C, viskositas kinematika 40°C, warna, angka asam, gliserol bebas, gliserol total, kadar metil ester, dan kadar air).

1.5 Sistematika Penulisan Tesis

Susunan laporan tesis terdiri atas lima bab. Penulisan tesis mengikuti sistematika sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan literatur yang berkaitan dengan penulisan sebagai landasan teori yang mendukung penelitian dan penyusunan laporan tesis ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai tahapan penelitian, mulai dari studi literatur, pengambilan sampel, pengujian dan analisis sampel.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil penelitian disertai dengan pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan simpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan.

