



BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Insiden semburan lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Brantas telah menyebabkan penurunan permukaan tanah pada wilayah yang terdampak (Shofwan and Agustina, 2023). Fenomena ini terjadi di Sidoarjo, Jawa Timur, yang menenggelamkan 3 kecamatan dengan luas 640 ha akibat pergerakan fluida magma dan hidrotermal dari lapisan dalam bumi yang menyusup ke sedimen bawah tanah di area tersebut (Baydhowi and Soebagio, 2021). Hal ini menyebabkan tekanan tinggi di bawah permukaan yang dilepaskan melalui semburan ketika terjadi gangguan eksternal, seperti gempa bumi, yang memicu keluarnya lumpur panas dan gas ke permukaan (Susanti, 2018). Meluapnya lumpur Lapindo diketahui meresahkan warga sekitar karena waktu berhentinya masih belum dapat diprediksi. Disisi lain, lumpur Lapindo diketahui memiliki kandungan mineral logam tanah yang dapat dimanfaatkan sebagai produksi bahan baku katalis bahan bakar hingga sumber energi listrik yang ramah lingkungan (Rokhim, Islamiyah and Sanjaya, 2022).

Pemanfaatan lumpur Lapindo sebagai bahan dasar silika telah menarik perhatian para peneliti karena kandungan silikanya yang tinggi dan dapat mengurangi limbah lumpur lapindo. Menurut penelitian Rahmayanti et al (2020) lumpur Lapindo mengandung sekitar 50,00% SiO₂; 27,7% Fe₂O₃; 8,59 % CaO dan 6 % Al₂O₃ yang menjadikannya salah satu sumber silika potensial di Indonesia. A'yuni et al. (2023) menyatakan bahwa lumpur Lapindo memiliki kandungan silika yang tinggi dan sering digunakan untuk pembuatan silika gel guna mendukung proses adsorpsi. Selain itu, Andarini et al., (2022) telah mensintesis zeolit Y menggunakan lumpur Lapindo dengan kandungan *impurities* yang tinggi, namun hasilnya belum optimal karena proses pemurnian yang belum sepenuhnya efektif dalam menghilangkan pengotor tersebut. Berdasarkan kedua hal tersebut, diketahui pemanfaatan lumpur Lapindo belum cukup besar, dan belum mampu memberikan hasil yang optimal. Oleh karena itu, diperlukan upaya lebih lanjut untuk



memaksimalkan penggunaannya, baik dalam efisiensi proses maupun aplikasi produk yang dihasilkan.

Salah satu langkah untuk mendapatkan silika dengan tingkat kemurnian tinggi, diperlukan metode yang mampu secara signifikan mengurangi kandungan pengotor dalam sampel sehingga dapat menghasilkan silika dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Penelitian Adha and Warsiki, (2023) menunjukkan keberhasilan dalam mensintesis silika dari abu boiler sawit dengan peningkatan konsentrasi SiO_2 dari 43,7% menjadi 79,20% melalui metode sol-gel menggunakan larutan NaOH 7,39M selama 78,13 menit dengan waktu presipitasi 18 jam. Penelitian lain oleh Ramadhani et al., (2021) melaporkan peningkatan kadar silika hingga 73,93% dari silika alam PT Brataco Kwarsa Halus menggunakan larutan NaOH 2M. Arisqi, Junaidi and Fadarina, (2021) berhasil mengekstraksi silika dari abu sekam padi menggunakan larutan KOH 2 M dan waktu pengeringan 6 jam, menghasilkan kadar silika sebesar 55,89%. Sementara itu, penelitian Andarini et al., 2022 mengekstraksi silika dari lumpur Lapindo menggunakan pelarut HCl, namun hanya meningkatkan konsentrasi silika dari 50% menjadi 51%. Penelitian (Ubaid, Hidayat and Munasir, 2017) berhasil mensintesis silika dari lumpur alami Sidoarjo menggunakan NaOH 7M dengan konsentrasi akhir silika sebesar 98,9%. Dalam penelitian tersebut, diberikan variasi waktu presipitasi selama 24, 48, 72, dan 96 jam, dan hasilnya semakin lama waktu presipitasi, semakin banyak silika gel yang terbentuk.

Berdasarkan perbandingan tersebut, diketahui larutan NaOH terbukti lebih optimal dalam menghasilkan silika dengan kemurnian tinggi. Konsentrasi NaOH yang digunakan memiliki peran penting dalam mempermudah pelarutan SiO_2 dan mengubahnya menjadi larutan natrium silikat, yang kemudian diubah menjadi gel silika. Proses ini berhasil menghilangkan pengotor organik dan meningkatkan kemurnian silika dalam bentuk gel putih sehingga didapatkan rendemen silika yang cukup tinggi. Selain itu, waktu presipitasi berpengaruh terhadap ukuran pori dan luas permukaan spesifik dari silika gel. Semakin lama proses presipitasi, semakin teratur struktur pori yang dihasilkan dan dapat meningkatkan kemampuan silika gel dalam menyerap uap air atau zat lainnya.



Salah satu aplikasi dari hasil ekstraksi silika adalah untuk pembuatan katalis yang membutuhkan kandungan silika tinggi, seperti ZSM-5. ZSM-5 merupakan kristal aluminosilikat tiga dimensi dengan silikon dan aluminium tetrahedral yang membentuk kerangka dengan rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ yang relatif tinggi (Holzinger *et al.*, 2018). Keunggulan utama ZSM-5 meliputi stabilitas termal yang tinggi dan tingkat keasaman yang kuat sehingga menjadikannya banyak digunakan sebagai katalis, adsorben, hingga penukar ion di berbagai industri (Li *et al.*, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Omar *et al.*, (2018) menunjukkan keberhasilan produksi biodiesel melalui proses esterifikasi menggunakan katalis ZSM-5 dengan konversi mencapai 74% dalam waktu satu jam. Sebaliknya, penelitian oleh Nasution *et al.*, (2019) melaporkan bahwa produksi biodiesel menggunakan katalis zeolit alam hanya mencapai konversi maksimum 69,76%. Diketahui kecepatan esterifikasi dengan katalis ZSM-5 lebih tinggi dikarenakan tingkat keasamannya yang lebih kuat daripada zeolite alam. Hal ini disebabkan oleh rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pada ZSM-5 yang lebih tinggi dibandingkan rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pada zeolit alam yang relatif lebih rendah. Menurut (Li *et al.*, 2022) rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ yang tinggi akan meningkatkan kekuatan struktur zeolit, dan memungkinkan penggunaannya dalam berbagai kondisi operasi. Namun, ZSM-5 hasil sintesis umumnya masih memiliki struktur mikropori yang dapat mengurangi efisiensi katalis karena terjadinya penyumbatan dan difusi yang tidak optimal (Ji, Yang and Yan, 2017). Oleh karena itu, diperlukan modifikasi struktur ZSM-5 dari mikropori menjadi mesopori untuk meningkatkan efisiensi difusi dan aksesibilitas situs asam, sehingga kinerja katalis dapat dioptimalkan.

Proses sintesis ZSM-5 umumnya dilakukan menggunakan bahan kimia teknis yang mengandung kemurnian tinggi seperti Tetraethyl Orthosilicate (TEOS), Tetramethyl Orthosilicate (TMOS), atau Natrium Silikat (Na_2SiO_3) sebagai sumber silikanya (Ananda and Aini, 2021). Namun, proses ini diketahui kurang efisien karena memerlukan penggunaan bahan komersial yang mahal. Oleh karena itu, perlu dikembangkan pembuatan silika berbasis limbah agar lebih ekonomis dan dapat mengoptimalkan pemanfaatan limbah yang menjadi penyebab kualitas lingkungan menurun. Berdasarkan hal tersebut, penelitian lebih lanjut akan



dilakukan terhadap sintesis dan karakterisasi ZSM-5 mesopori menggunakan silika hasil ekstraksi dari Lumpur Lapindo, dengan variasi konsentrasi NaOH dan waktu presipitasi.

I.2 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH terhadap *yield* SiO₂ yang dihasilkan dari lumpur Lapindo
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu presipitasi terhadap *yield* SiO₂ yang dihasilkan dari lumpur Lapindo
3. Untuk mengetahui karakteristik ZSM-5 Mesopori hasil sintesis dari Lumpur Lapindo

I.3 Manfaat

1. Mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang ada di sekitar wilayah lumpur Lapindo
2. Mengetahui pemanfaatan lumpur Lapindo untuk diubah menjadi ZSM-5 Mesopori
3. Mengetahui karakteristik ZSM-5 Mesopori hasil sintesis dari lumpur lapindo