



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Zeolit X dari Natrium Silikat Menggunakan Metode Sol-Gel dengan *Microwave-Assisted*”

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk Indonesia yang terus terjadi setiap tahun menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan berbagai produk rumah tangga, termasuk deterjen, yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan kebersihan sehari-hari. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Indonesia pada pertengahan tahun 2024 telah tercatat mencapai 281,603 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2024). Sejalan dengan hal tersebut, peningkatan kebutuhan terhadap zeolit, yang merupakan salah satu bahan baku utama dalam formulasi deterjen, juga terus terjadi. Menurut laporan dari *Grand View Research*, pertumbuhan kebutuhan global terhadap zeolit tercatat meningkat dengan *Compounded Annual Growth Rate* (CAGR) sebesar 6,2% antara tahun 2022 hingga 2023 (Grand View Research, 2022).

Zeolit X sering digunakan dalam industri deterjen karena kemampuannya menukar ion dengan efisien. Struktur porinya yang besar dan teratur dapat menyerap ion kalsium dan magnesium dari air keras dengan menggantikan ion natrium, sehingga meningkatkan pembentukan busa dan efektivitas pembersihan. Kandungan aluminosilikat memberikan kestabilan kimia dan termal, membuatnya cocok untuk berbagai kondisi penggunaan. Penggunaan zeolit X juga membantu mengurangi ketergantungan pada fosfat, menjadikannya lebih ramah lingkungan sekaligus meningkatkan performa deterjen (Arnelli et al., 2018).

Penelitian terdahulu menggunakan metode sintesis suhu rendah dalam pembuatan zeolit X dari fly ash batu bara PT Paiton. Dalam penelitian ini, metode hidrotermal bersuhu rendah diterapkan dengan variasi waktu 3 hingga 5 jam, sedangkan proses kristalisasi dilakukan dengan oven. Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak kristal khas zeolit X belum terbentuk secara sempurna, sebagaimana terlihat dari pola XRD yang masih menunjukkan sifat amorf. Kondisi



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Zeolit X dari Natrium Silikat Menggunakan Metode Sol-Gel dengan *Microwave-Assisted*”

ini terjadi akibat waktu reaksi yang masih terlalu singkat serta suhu yang rendah, sehingga proses nukleasi kristal belum berlangsung secara optimal (Rieswana et al., 2024). Penelitian terdahulu menggunakan metode sol-gel untuk sintesis zeolit Y dengan natrium silikat dan alumina. Hasil sintesis menunjukkan serbuk zeolit Y berwarna putih dengan yield 25,84%, namun karakterisasi XRD mengindikasikan bahwa kristalinitas yang dihasilkan masih rendah akibat terbentuknya fase zeolit lain, menyebabkan ukuran partikel yang tidak terkontrol dan distribusi pori yang kurang optimal (Nur et al., 2023).

Keterbaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode sol-gel yang dikombinasikan dengan teknologi *microwave* untuk mengoptimalkan proses sintesis zeolit X. Teknologi *microwave* dinilai unggul karena mampu mendistribusikan panas secara merata, mempersingkat waktu kristalisasi, dan lebih hemat energi, sehingga pembentukan kristal berkualitas tinggi dapat tercapai (Kordala & Wyszowski, 2024). Metode sol-gel berbantuan gelombang mikro memiliki beberapa keuntungan yaitu menghasilkan ukuran partikel yang kecil, seragam, kristalinitas tinggi, morfologi terkontrol, dan kemurnian tinggi karena waktu reaksi yang singkat (Khaleque et al., 2020). Natrium silikat digunakan dalam sintesis ini sebagai bahan utama karena sifatnya yang mudah larut, kaya kandungan silika, dan mudah diperoleh, sehingga proses sintesis dapat dilakukan lebih cepat dan efisien. *Desain of eksperiment* menggunakan metode Taguchi berbasis *array ortogonal*, untuk menentukan kombinasi parameter terbaik dalam menghasilkan zeolit X. Pendekatan ini memungkinkan setiap langkah sintesis berjalan secara efisien, dengan jumlah percobaan yang lebih sedikit namun tetap menghasilkan kristal berkualitas tinggi (Hisam et al., 2024).

Parameter penting seperti rasio Si/Al, waktu kristalisasi, dan daya *microwave* dioptimalkan untuk memastikan zeolit X yang dihasilkan memiliki kristalinitas tinggi. Rasio Si/Al yang sesuai diperlukan untuk membentuk kerangka zeolit yang stabil dan memengaruhi jenis zeolit yang terbentuk (Tran-Nguyen, 2021). Sementara waktu kristalisasi yang tepat membantu transisi fase gel menjadi



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Zeolit X dari Natrium Silikat Menggunakan Metode Sol-Gel dengan *Microwave-Assisted*”

kristal berjalan sempurna (Makgabutlane, 2020). Daya *microwave* yang disesuaikan juga mempercepat proses nukleasi dan pertumbuhan kristal (Makgabutlane et al., 2020). *Desain of eksperimen* dilakukan menggunakan metode Taguchi, yang memungkinkan kombinasi parameter terbaik ditemukan dengan jumlah eksperimen yang lebih sedikit tanpa mengurangi validitas hasil (Hisam et al., 2024). Produk zeolit X yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui panjang pita pada setiap gugus fungsi, XRD untuk mengidentifikasi fase kristal dan SEM untuk mempelajari morfologi permukaan (Munawar, 2021). Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan zeolit X dengan kualitas tinggi dan memenuhi kebutuhan industri deterjen secara berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian optimasi sintesis dan karakterisasi zeolit X dari natrium silikat menggunakan metode sol-gel dengan *microwave-assisted* dengan variabel rasio Si/Al, waktu kristalisasi, dan daya pada *microwave* sehingga dapat diperoleh kristalinitas zeolit X yang tinggi serta menghasilkan struktur pori yang lebih seragam.

I.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis zeolit X pada kondisi optimum dan mengkarakterisasi zeolit X yang dihasilkan menggunakan metode sol-gel dengan *microwave assisted*.

I.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini menghasilkan zeolit X dari natrium silikat sebagai alternatif builder agen pada industri deterjen sesuai dengan standart IS 15267 (2003).