

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zeolit merupakan material kristalin aluminosilikat berpori yang memiliki kerangka tiga dimensi yang tersusun atas tetrahedra silika (SiO_4) dan alumina (AlO_4) yang saling berikatan melalui atom oksigen. Susunan tetrahedra tersebut membentuk sistem pori dan rongga yang teratur sehingga menghasilkan luas permukaan yang tinggi, kemampuan pertukaran ion, stabilitas termal, serta selektivitas terhadap molekul tertentu, yang menjadi karakteristik utama material zeolit [1],[2]. Karakteristik tersebut menyebabkan zeolit banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti katalisis, adsorpsi, pemisahan molekul, dan teknologi lingkungan [3]. Selain zeolit alam, zeolit sintetis semakin banyak dikembangkan karena komposisi kimia, struktur kristal, ukuran pori, serta fase kristal yang terbentuk dapat dikendalikan melalui pengaturan kondisi sintesis sehingga menghasilkan material dengan karakteristik yang lebih seragam dan sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu [2],[3].

Karakteristik zeolit sintetis sangat dipengaruhi oleh metode sintesis yang digunakan karena kondisi reaksi berperan dalam menentukan struktur kristal, fase kristal yang terbentuk, ukuran kristal, serta sifat fisikokimia material yang dihasilkan [4]. Berbagai metode telah dikembangkan untuk mensintesis zeolit, di antaranya metode hidrotermal, solvothermal, *alkali fusion*, *microwave-assisted synthesis*, dan *solvent-free synthesis* [5]. Setiap metode sintesis memiliki karakteristik yang berbeda sehingga pemilihannya menjadi aspek penting dalam memperoleh zeolit dengan sifat yang sesuai tujuan pengembangannya [4],[5].

Di antara berbagai metode sintesis yang telah dikembangkan, metode hidrotermal merupakan pendekatan yang paling banyak digunakan karena mampu menghasilkan zeolit dengan kristalinitas dan kemurnian fase yang tinggi [4]. Meskipun demikian, metode hidrotermal umumnya memerlukan penggunaan pelarut dalam jumlah besar, tekanan tinggi akibat penggunaan autoklaf, serta waktu kristalisasi yang relatif lama sehingga proses sintesis menjadi kurang efisien dari segi energi maupun operasional [4]. Sebagai alternatif, metode sintesis zeolit bebas pelarut dikembangkan dengan memanfaatkan air hidrat yang berasal dari prekursor

atau hanya sedikit pelarut selama proses kristalisasi, sehingga mampu menyederhanakan tahapan sintesis sekaligus mengurangi konsumsi pelarut, energi, dan limbah yang dihasilkan [5]. Selain lebih sederhana dan ramah lingkungan, metode sintesis zeolit bebas pelarut juga dilaporkan mampu menghasilkan zeolit dengan kristalinitas dan kemurnian fase yang sebanding dengan metode hidrotermal pada kondisi sintesis tertentu [5].

Zeolit kankrinit merupakan salah satu jenis zeolit yang berpotensi disintesis menggunakan metode sintesis zeolit bebas pelarut melalui pemanfaatan sumber silika dan aluminium. Kankrinit merupakan mineral aluminosilikat berpori yang memiliki struktur kerangka heksagonal dengan anion, seperti karbonat, yang berada di dalam saluran kerangkanya sehingga memberikan karakteristik struktur yang khas dibandingkan jenis zeolit lainnya [6]. Pembentukan fase kankrinit dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya komposisi prekursor, alkalinitas sistem, suhu, serta waktu sintesis, sehingga perubahan kondisi sintesis dapat menghasilkan perbedaan fase kristal yang terbentuk [7]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode sintesis zeolit bebas pelarut mampu menghasilkan fase kankrinit dengan kristalinitas yang baik melalui proses sintesis yang relatif sederhana tanpa memerlukan penggunaan autoklaf maupun pelarut dalam jumlah besar [8]. Oleh karena itu, zeolit kankrinit menjadi material yang menarik untuk dikembangkan melalui bebas pelarut guna memahami hubungan antara kondisi sintesis terhadap pembentukan fase kristal serta morfologi kristal yang dihasilkan [8],[7]

Selain metode sintesis, pemilihan bahan baku juga merupakan faktor penting yang memengaruhi keberhasilan pembentukan zeolit. Sintesis zeolit umumnya masih menggunakan prekursor kimia komersial sebagai sumber silika dan alumina karena memiliki tingkat kemurnian yang tinggi dan mampu menghasilkan material dengan karakteristik yang baik [2]. Namun, penggunaan prekursor komersial relatif mahal sehingga mendorong pemanfaatan bahan baku alternatif yang lebih ekonomis dan mudah diperoleh. Berbagai sumber daya alam maupun produk samping industri yang kaya akan silika dan alumina, Berbagai limbah industri maupun biomassa telah dimanfaatkan sebagai prekursor sintesis zeolit, telah berhasil dimanfaatkan sebagai prekursor sintesis zeolit [2]. Material-material tersebut termasuk ke dalam kategori *low-grade material*, yaitu bahan baku yang

berasal dari limbah, produk samping, atau sumber daya alam dengan nilai ekonomi relatif rendah, tetapi masih memiliki kandungan silika dan/atau alumina yang dapat dimanfaatkan sebagai prekursor sintesis zeolit. Pada penelitian ini, *low-grade material* yang digunakan berupa abu sekam padi sebagai sumber silika dan limbah aluminium yang dipreparasi menjadi aluminium oksida sebagai sumber alumina. Pemanfaatan *low-grade material* berpotensi menekan biaya produksi sekaligus mendukung sintesis material yang lebih berkelanjutan [2],[8].

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa metode sintesis zeolit bebas pelarut mampu menghasilkan zeolit dengan karakteristik kristal yang baik, sedangkan pemanfaatan bahan baku alternatif sebagai sumber silika dan alumina juga telah berkembang sebagai upaya menekan biaya produksi serta meningkatkan keberlanjutan proses sintesis [5],[2]. Penelitian Joseph *et al.* (2022) berhasil mensintesis zeolit kankrinit melalui metode sintesis zeolit bebas pelarut, sementara Wang *et al.* (2024) menunjukkan bahwa kondisi sintesis berpengaruh terhadap pembentukan dan transformasi fase kristal kankrinit [8],[7]. Meskipun demikian, Kajian yang mengombinasikan metode sintesis zeolit bebas pelarut menggunakan *low-grade material* dengan karakterisasi struktur kristal menggunakan XRD serta morfologi menggunakan SEM masih sangat terbatas. Berdasarkan research gap tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji sintesis zeolit kankrinit bebas pelarut menggunakan abu sekam padi sebagai sumber silika dan aluminium oksida hasil preparasi limbah kaleng aluminium sebagai sumber alumina, serta menganalisis pembentukan fase kristal yang dihasilkan berdasarkan karakterisasi XRD. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi pemanfaatan *low-grade material* sebagai prekursor sintesis zeolit kankrinit melalui metode sintesis zeolit bebas pelarut serta menjadi dasar bagi pengembangan penelitian pada bidang sintesis material zeolit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kondisi sintesis terhadap pembentukan *framework* zeolit kankrinit pada sistem prekursor CaCO_3 dan NaOH ?

2. Bagaimana karakteristik zeolit kankrinit hasil sintesis berdasarkan karakterisasi XRD dan SEM?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian difokuskan pada sintesis zeolit kankrinit menggunakan metode sintesis bebas pelarut.
2. Bahan baku yang digunakan merupakan *low-grade material* sebagai sumber silika dan alumina.
3. Kondisi sintesis dibatasi pada sistem prekursor CaCO_3 yang disintesis pada suhu 120°C dan 150°C selama 6 jam, serta sistem prekursor NaOH yang disintesis pada suhu 120°C dan 150°C selama 12 jam.
4. Karakterisasi material dalam penelitian ini dibatasi pada identifikasi fase kristal menggunakan XRD serta pengamatan morfologi menggunakan SEM.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari metode sintesis zeolit kankrinit bebas pelarut menggunakan *low-grade material*.
2. Menganalisis pengaruh kondisi sintesis zeolit kankrinit bebas pelarut terhadap pembentukan zeolit kankrinit pada sistem prekursor CaCO_3 dan NaOH .
3. Mengkarakterisasi fase kristal dan morfologi zeolit kankrinit hasil sintesis zeolit kankrinit bebas pelarut menggunakan XRD dan SEM.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang sintesis zeolit melalui metode sintesis yang lebih sederhana, efisien, dan berkelanjutan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pembentukan fase kristal dan morfologi zeolit kankrinit berdasarkan karakterisasi XRD dan SEM. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi

dalam pengembangan sintesis zeolit kankrinit bebas pelarut dengan memanfaatkan *low-grade material* sebagai bahan baku alternatif.

