

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produk pengharum ruangan berbasis gel merupakan salah satu agen pembawa *fragrance* yang paling umum dijumpai di pasaran. Mekanisme kerjanya bertumpu pada evaporasi pasif, matriks gel melepaskan molekul aroma ke udara secara tidak terkontrol seiring penguapan yang dipercepat oleh suhu dan aliran udara, sehingga menghasilkan pelepasan awal yang tinggi (*burst release*) dan aroma yang cepat habis tanpa kemungkinan regenerasi. Perubahan struktur tiga dimensi gel pada suhu ruang akibat degradasi termal dan evaporasi air menjadi salah satu indikator utama ketidakstabilan produk ini [1]. Keterbatasan mendasar tersebut mendorong kebutuhan akan sistem pembawa *fragrance* alternatif yang mampu melepaskan aroma secara bertahap, tahan lama, dan berpotensi digunakan berulang kali.

Zeolit telah diidentifikasi sebagai material berpori yang menjanjikan untuk mengatasi kelemahan gel pengharum. Zeolit memiliki berbagai keunggulan sebagai pembawa enkapsulasi dan pelepasan *fragrance* secara terkontrol, meliputi fraksi *void* yang tinggi, biokompatibilitas baik, dan toksisitas rendah [2]. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa enkapsulasi *fragrance* dalam zeolit dapat mengatur laju evaporasi secara signifikan. Mekanisme pelepasan *fragrance* dari matriks zeolit bergantung pada jenis kation ekstra-kerangka, difusi Fickian ditemukan pada NaY, sedangkan kinetika *zero-order* berlaku pada CaY dan LaY, dengan limonena yang terperangkap lebih efisien karena kesesuaian ukuran molekul dengan struktur pori, termasuk sangkar sodalit, sehingga proses evaporasi berlangsung jauh lebih lambat [3]. Potensi zeolit sebagai pembawa *fragrance* jangka panjang telah dikonfirmasi oleh Kusri et al. dalam studi komprehensif menggunakan komposit zeolit A–bentonit, aktivasi zeolit A dengan HCl 0,1 M menghasilkan efisiensi adsorpsi minyak esensial mawar hingga 94,5%, matriks mampu mempertahankan pelepasan aroma lebih dari lima minggu, dan dapat diregenerasi hingga sepuluh siklus tanpa penurunan performa yang signifikan [4]. Hasil ini menegaskan superioritas zeolit dibandingkan gel konvensional yang tidak dapat diregenerasi.

Di antara berbagai tipe zeolit, sodalit (SOD) memiliki keistimewaan struktural yang relevan. Sodalit tersusun dari sangkar sodalit (β -cage) yang unik dengan bukaan pori sekitar 2,8 Å, menjadikannya material aluminosilikat mikropori dengan selektivitas adsorpsi yang tinggi [5]. Geometri β -cage inilah yang memungkinkan pengendalian difusi molekul *fragrance* secara selektif berdasarkan ukuran dan polaritas, menjadikan sodalit kandidat unggul sebagai matriks pembawa aroma dengan profil pelepasan yang lebih terkontrol dibandingkan gel konvensional.

Meskipun demikian, pemanfaatan sodalit secara luas dalam aplikasi *fragrance* terkendala oleh biaya bahan baku dan inefisiensi proses sintesis. Sebagian besar sintesis zeolit konvensional mengandalkan sumber silika dan alumina murni serta melibatkan penggunaan air atau pelarut dalam jumlah besar. Abu sekam padi merupakan bahan baku berlimpah yang mengandung 85–98% silika, menjadikannya sumber silika murah dan potensial untuk sintesis zeolit [6]. Di Indonesia, potensi ini sangat besar, produksi padi nasional pada 2024 diperkirakan mencapai 52,66 juta ton GKG berdasarkan data BPS [7], sehingga potensi abu sekam padi yang dihasilkan dapat mencapai puluhan juta ton per tahun. Penelitian *Ghasemi et al.* mengonfirmasi kelayakan sumber silika ini, nanosodalit berhasil disintesis secara hidrotermal menggunakan silika dari abu sekam padi tanpa aditif organik, dengan ukuran kristal 30–60 nm yang dicapai pada suhu 60°C [8].

Selain silika, alumina merupakan komponen penting sintesis sodalit. Limbah kemasan aluminium multilayer hadir sebagai sumber alumina murah yang selama ini sulit didaur ulang. Daur ulang limbah aluminium foil sebagai sumber alumina untuk sintesis zeolit faujasit (NaY dan NaX) telah berhasil didemonstrasikan secara hidrotermal, menghasilkan zeolit dengan luas permukaan spesifik yang kompetitif [9]. Pemanfaatan kedua limbah ini bukan sekadar upaya pengelolaan sampah, melainkan strategi yang secara langsung menekan biaya produksi sodalit sekaligus memperkuat keberlanjutan proses.

Lebih jauh, metode sintesis bebas pelarut (*solvent-free*) memberikan keunggulan tambahan yang krusial. Penghindaran penggunaan pelarut dalam sintesis tidak hanya secara signifikan mengurangi produksi limbah, tetapi juga meningkatkan *yield* produk zeolit secara substansial dibandingkan jalur hidrotermal konvensional [10]. Untuk sodalit secara spesifik, metode bebas pelarut melalui penggilingan dan pemanasan reaktan tanpa penambahan air menghasilkan sodalit

dengan kristalinitas tinggi tanpa penambahan *seed* maupun templat [11]. Pendekatan ini selaras dengan prinsip *green chemistry* dan memiliki potensi aplikasi industri yang besar, metode bebas pelarut menunjukkan keunggulan nyata berupa *yield* tinggi, polusi rendah, dan efisiensi tinggi dibandingkan metode hidrotermal konvensional [12].

Namun demikian, kombinasi spesifik antara metode bebas pelarut, bahan baku berbiaya rendah berupa abu sekam padi dan limbah kemasan aluminium, serta aplikasinya sebagai agen pembawa *fragrance* belum pernah dilaporkan. Studi terdahulu seperti Kusrini *et al.* [4] menggunakan kaolin alam sebagai bahan baku dan metode konvensional, sementara penelitian sintesis sodalit dari bahan murah [8] belum diarahkan pada aplikasi *fragrance*. Hingga saat ini, belum terdapat penelitian yang secara spesifik mensintesis sodalit dari bahan baku berbiaya rendah melalui metode bebas pelarut dan mengevaluasinya sebagai agen pembawa *fragrance oil*. Lebih jauh, perbandingan langsung antara kinerja sodalit sintesis dengan gel pengharum komersial dalam hal profil pelepasan dan stabilitas aroma juga belum pernah dilaporkan.

Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk mensintesis sodalit dari abu sekam padi sebagai sumber silika dan limbah kemasan aluminium sebagai sumber alumina melalui metode hidrotermal bebas pelarut. Material yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, dan FTIR untuk mengonfirmasi struktur dan morfologinya, kemudian diuji kapasitas adsorpsi serta profil pelepasan *fragrance oil*-nya menggunakan UV-Vis. Hasil pengujian tersebut akhirnya dibandingkan secara langsung dengan gel pengharum komersial untuk menilai efektivitas sodalit sintesis sebagai sistem pembawa *fragrance* yang lebih tahan lama dan terkontrol.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil karakteristik XRD, SEM, dan FTIR pada sintesis sodalit (SOD) serta pengaruh aktivasi kimia NaCl 2 M terhadap morfologi dan gugus fungsi?

2. Bagaimana perbandingan pelepasan aldehid dari zeolit sodalit (SOD) teraktivasi dan gel komersial berdasarkan hasil analisis DNPH UV-Vis selama penyimpanan?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa masalah berikut:

1. Sintesis zeolit sodalit dilakukan menggunakan limbah abu sekam padi sebagai sumber silika dan aluminium kemasan sebagai sumber alumina, dengan natrium (Na^+) dari larutan NaOH teknis sebagai sumber kation, melalui proses inkubasi pada suhu $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 18 jam.
2. Aktivasi zeolit menggunakan larutan NaCl 2 M sebagai aktivator kimia.
3. Uji kristalin dan morfologi hanya dilakukan pada sintesis zeolit sodalit dan hasil aktivasi kimia menggunakan instrumen XRD dan SEM.
4. Uji gugus fungsi FTIR dilakukan pada zeolit sodalit sintesis, zeolit sodalit aktivasi kimia, zeolit sodalit aktivasi bermuatan *fragrance oil*, gel komersial standar, dan gel komersial bermuatan *fragrance oil*.
5. Adsorpsi *fragrance oil* menggunakan zeolit sintesis, zeolit aktivasi, dan gel komersial kemudian didesorpsi menggunakan etanol sebagai media pelepas.
6. Adsorpsi-desorpsi *fragrance oil* dilakukan pada interval hari ke-0, 7, 14, dan 21 dengan membandingkan zeolit sodalit sintesis, teraktivasi dan gel pengharum komersial sebagai media pembawa.
7. Analisis senyawa *fragrance* difokuskan pada senyawa aldehid melalui derivatisasi DNPH dan pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi hasil karakteristik zeolit sodalit hasil sintesis dan aktivasi kimia NaCl 2 M menggunakan instrumen XRD, SEM, dan FTIR untuk mengetahui struktur kristal, morfologi dan gugus fungsi.

2. Memperoleh perbandingan pelepasan aldehid dari zeolit sodalit sintesis, teraktivasi dan gel komersial berdasarkan hasil analisis DNPH UV–Vis selama penyimpanan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat dalam pengembangan adsorben ramah lingkungan melalui pemanfaatan bahan baku alternatif berbasis limbah untuk sintesis sodalit bebas pelarut, sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan kimia murni sekaligus mendukung konsep keberlanjutan produksi material berpori. Penelitian ini juga berkontribusi pada pemahaman ilmiah mengenai kualitas struktural, morfologi, dan sifat kimia sodalit sintetis berbasis limbah, serta membandingkan efektivitasnya dengan agen pembawa pengharum berbasis gel komersial. Hasil penelitian diharapkan menghadirkan alternatif media pembawa *fragrance* yang lebih stabil, efisien, dan berdaya serap tinggi untuk industri pengharum ruangan maupun produk wewangian lainnya, sekaligus mendorong inovasi pemanfaatan limbah sebagai bahan baku bernilai tambah guna mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan material sintetis konvensional.

