

Penentuan Kualitas Kaolin sebagai Prekursor Sintesis Zeolit pada Kegiatan Praktikum

Rohmat Ismail^a, Manasye Erlangga^b, Ari Himawan^a,
Givana Indah Nurul Afiah^a

^a Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor

^b Material Assurance and Quality Improvement Department, PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia
Corresponding Author: rohmatchemistry@apps.ipb.ac.id

Received: 04th April 2025; Revised: 01st Juny 2025; Accepted: 05th Juny 2025;

Available online: 5th Juny 2025; Published regularly: July 2025

Abstract

Zeolite synthesis has attracted the attention of researchers today because of the functional properties of zeolites. The zeolite synthesis process can be influenced by various factors, one of which is the quality of the zeolite precursor. One of the precursor materials for zeolite synthesis is kaolin. This study aims to determine the quality of three kaolin brands used as precursors for zeolite synthesis in practicum activities. The quality of kaolin was assessed through gravimetric loss on ignition testing and analysis of the metal oxide composition using an X-ray fluorescence (XRF) spectrometer. The loss on ignition analysis results for kaolin A, kaolin B, and kaolin C samples were 7.94%, 7.87%, and 6.52%, respectively. The XRF analysis results, which included the compositions of SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O and Na₂O, were as follows: for kaolin A, 57.58%, 0.78%, 19.69%, 5.83%, 0.23%, 1.03%, 0.99% and 0.11%; for kaolin B, 56.30%, 0.80%, 21.30%, 7.19%, 0.08%, 0.52%, 1.19% and 0.16%; and for kaolin C, 68.03%, 0.80%, 14.40%, 5.08%, 0.32%, 0.94%, 0.95% and 0.01%. The two analysis results showed that the three kaolin samples had met the requirements as zeolite precursors based on the range of reference specification values: loss on ignition <10%, SiO₂ content 50–70%, TiO₂ <1%, Al₂O₃ 8.5–30.5%, Fe₂O₃ 2–15.5%, CaO <1.68%, MgO 0.48–1.19%, K₂O <3.6%, and Na₂O <0.35%. The ensuing results furnish recommendations for the zeolite synthesis practicum, to select the most suitable kaolin type.

Key Words : kaolin, loss on ignition, metal oxide, practicum, zeolite

Abstrak

Sintesis zeolit telah menarik perhatian para peneliti saat ini karena sifat zeolit yang fungsional. Proses sintesis zeolit dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kualitas prekursor zeolit. Salah satu bahan prekursor zeolit yang dapat digunakan adalah kaolin. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas tiga merek kaolin yang digunakan sebagai prekursor sintesis zeolit dalam kegiatan praktikum. Kualitas kaolin ditentukan dengan parameter uji hilang pijar secara gravimetri dan komposisi oksida logamnya menggunakan spektrometer fluoresens sinar-X (XRF). Hasil analisis hilang pijar untuk sampel kaolin A, kaolin B, dan kaolin C secara berurutan adalah 7.94%, 7.87% dan 6.52%. Hasil analisis XRF dengan komposisi SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O dan Na₂O secara berurutan untuk kaolin A adalah 57.58%, 0.78%, 19.69%, 5.83%, 0.23%, 1.03%, 0.99% dan 0.11%; kaolin B adalah 56.30%, 0.80%, 21.30%, 7.19%, 0.08%, 0.52%, 1.19% dan 0.16%; kaolin C adalah 68.03%, 0.80%, 14.40%, 5.08%, 0.32%, 0.94%, 0.95% dan 0.01%. Kedua hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa tiga sampel kaolin telah memenuhi syarat sebagai prekursor zeolit berdasarkan rentang nilai spesifikasi rujukan: hilang pijar <10%, kadar SiO₂ 50–70%, TiO₂ <1%, Al₂O₃ 8.5–30.5%, Fe₂O₃ 2–15.5%, CaO <1.68%, MgO 0.48–1.19%, K₂O <3.6%, dan Na₂O <0.35%. Hasil ini memberikan rekomendasi bagi praktikum sintesis zeolit untuk memilih jenis kaolin yang paling sesuai.

Kata Kunci : Tefa; CNC; PCB

PENDAHULUAN

Zeolit merupakan mineral aluminosilikat mikropori kristalin yang umum digunakan sebagai katalis, adsorben, dan penukar ion. Zeolit tergolong sebagai mineral tipe tektosilikat dan ketersediaannya melimpah di alam. Ukuran pori yang teratur, stabilitas termal yang baik, dan tersedia secara komersial menjadikan zeolit sebagai salah satu material anorganik yang fungsional. Kemampuan zeolit sebagai katalis dan adsorben berasal dari struktur kristalnya yang berpori dengan susunan berupa kerangka tetrahedral TO_4 (T = atom Si atau Al). Keberadaan atom Al yang terkoordinasi secara tetrahedral dapat membentuk muatan negatif di dalam kerangka zeolit yang terstabilkan oleh muatan positif dari ion lawan. Ion lawan dapat berupa kation organik (alkilamonium) atau anorganik (kation logam alkali, alkali tanah, atau logam lainnya), bergantung pada kondisi sintesis atau jenis perlakuan yang diberikan (Pérez-Botella *et al.*, 2022).

Metode alkali adalah salah satu metode yang umum digunakan dan serbaguna dalam sintesis zeolit. Metode ini melibatkan basa yang dapat memicu terjadinya reorganisasi di dalam struktur zeolit sehingga situs asam lebih mudah diakses. Selain itu, mesoporositas dalam zeolit dapat dibentuk dengan basa melalui ekstraksi silikon (desilikasi), yaitu salah satu metode *top-down* untuk menghasilkan zeolit berpori hierarki. Metode alkali dapat diterapkan dengan bantuan pemanasan elektrik dan mikrogelombang. Keduanya merupakan metode yang efektif, tetapi metode mikrogelombang lebih efisien karena mampu membentuk mesopori dalam waktu yang singkat (D. S. Oliveira *et al.*, 2023). Penelitian yang dilakukan oleh Kubu *et al.*, (2015) telah berhasil menyintesis zeolit SSZ-33 melalui metode alkali dengan morfologi kristal pipih eliptikal dan porositas sekunder intrakristalin berkisar 5–20 nm. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Liu *et al.*, (2015) dan Yang *et al.*, (2018) juga membuktikan bahwa metode alkali mampu menghasilkan zeolit ZSM-11 dan IM-5 dengan porositas sekunder berskala nanometer sebesar 10–100 dan 4–10 nm.

Prekursor utama yang digunakan dalam sintesis zeolit pada penelitian ini ialah kaolin. Kaolin merupakan mineral berwarna putih dengan permukaan kecokelatan yang mengandung SiO_2 (46.54%), Al_2O_3 (39.50%), dan H_2O (13.96%). Deposit kaolin dibagi menjadi dua jenis, yaitu kaolin primer dan sekunder. Kaolin primer dihasilkan dari proses hidrotermal, sedangkan kaolin sekunder terbentuk melalui proses sedimentasi pada lokasi asalnya. Kaolin umumnya tersusun atas beberapa mineral, seperti kuarsa, belerang, feldspar, mika, besi, titanium oksida, dan mineral turunan lainnya dari feldspar dan mika (Hartati *et al.*, 2020). Kandungan mineral yang beragam pada kaolin dapat menimbulkan risiko adanya pengotor (impuritas) alami yang dapat mengganggu proses sintesis zeolit. Salah satu contoh pengotor alami dalam kaolin ialah besi yang mampu memengaruhi sifat fisiko-kimia kaolin dan berdampak langsung pada kualitas produk akhir. Hal ini dapat dicegah melalui proses penghilangan pengotor pada kaolin untuk memastikan kualitas kaolin tetap terjaga sebelum digunakan sebagai prekursor zeolit (Hartati *et al.*, 2020). Sampel kaolin yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaolin dari Bangka Belitung, Indonesia, dikenal karena kualitasnya yang tinggi dan karakteristiknya yang unik, sehingga sangat berguna untuk berbagai aplikasi industri. Kaolin dari Bangka Belitung memiliki kandungan kaolinit yang tinggi dan sering ditemukan dalam bentuk vermikular (seperti cacing), terutama di Belitung (Ulfiati *et al.*, 2020). Selain itu, kaolin ini memiliki tingkat keputihan yang tinggi, dengan nilai kecerahan mencapai 93%. Hal ini membuatnya ideal untuk digunakan dalam kertas, keramik, dan kosmetik. Kaolin ini pun memiliki ukuran partikel yang halus, yang meningkatkan kinerjanya dalam aplikasi seperti pelapis dan pengisi (Pasi *et al.*, 2020).

Kualitas zeolit dari kaolin dipengaruhi oleh dua unsur penyusun utamanya, yaitu Si dan Al. Nisbah Si/Al menjadi salah satu parameter penting dalam proses pencirian zeolit. Selain itu, keberadaan oksida logam juga berpengaruh pada kualitas zeolit yang dihasilkan dari kaolin. Nisbah Si/Al dan kadar oksida logam dapat ditentukan dengan bantuan analisis unsur seperti spektrometri serapan atom (AAS), spektrometri emisi optik-plasma gandeng induktif (ICP-OES), spektrometri massa-plasma gandeng induktif (ICP-MS), dan spektrometri fluoresens sinar-X (XRF). Metode analisis XRF dipilih dalam penelitian ini karena bersifat non-destruktif dan tidak membutuhkan proses pra maupun pascaperlakuan

pada sampel (Kumar *et al.*, 2020). Metode *loss on ignition* (LOI) atau hilang pijar adalah metode sederhana, ekonomis, dan akurat yang telah banyak digunakan untuk penentuan kadar bahan organik. Jika dibandingkan dengan metode lain seperti kromatografi gas, metode hilang pijar dipilih karena lebih mudah diaplikasikan dan tidak memerlukan praperlakuan sampel (misalnya proses asidifikasi untuk memisahkan karbon organik dan anorganik). Kromatografi gas, meskipun presisi dan efisien dapat menimbulkan galat ketika proses praperlakuan sampel karena komponen selain karbon anorganik juga dihilangkan (Touch *et al.*, 2017). Kualitas kaolin perlu ditentukan dalam kegiatan praktikum karena tiga pertimbangan yaitu (1) sebagai kontrol kualitas yang konsisten memastikan bahwa hasilnya dapat diulang dan dibandingkan di berbagai kelompok siswa, (2) dapat membantu mengidentifikasi sumber kesalahan jika sintesis gagal, dan (3) penilaian kualitas memastikan bahwa limbah diminimalkan dengan menghindari sintesis yang gagal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas kaolin sebagai prekursor dalam sintesis zeolite sehingga dapat memberikan rekomendasi dalam pemilihan jenis kaolin yang paling sesuai dalam kegiatan praktikum.

BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan ialah air deionisasi dan sampel kaolin dengan merek Yukami (Kaolin A), Pure kaolin (Kaolin B) dan SWA (kaolin C). Semua sampel kaolin berasal dari Bangka Belitung, Indonesia (gambar 1). Alat-alat yang digunakan ialah wadah kotak plastik 100 mL untuk menyimpan sampel kaolin, oven (Mettler UM400) untuk mengeringkan sampel, saringan 100 mesh untuk menyaring sampel, *mouldpress* untuk mencetak pelet, neraca analitik (Bell) untuk menimbang sampel, desikator untuk menyimpan sampel setelah kalsinasi, *X-ray fluorescence spectrometer* (EDXRF PANalytical Minipal 4) untuk analisis komposisi oksida logam, tanur (Neycraft) untuk kalsinasi, dan cawan porselen 50 mL untuk wadah sampel saat kalsinasi.



Gambar 1. Sampel kaolin yang digunakan sebagai prekursor sintesis zeolit

Prosedur Penelitian

Penentuan Bahan Hilang Pijar

Cawan porselen kosong dipijarkan dalam tanur dengan suhu 900 °C selama 30 menit. Cawan porselen diambil dari tanur setelah suhu tanur turun menjadi 300°C, disimpan dalam desikator selama 15 menit, ditimbang dengan neraca analitik, dan dicatat bobot kosongnya sesuai dengan kode angka yang tertera pada cawan. Sebanyak 0,5 gram sampel kaolin ditimbang secara teliti dalam cawan porselen yang telah diketahui bobot kosongnya lalu disimpan dalam tanur dengan suhu 900 °C selama 2 jam. Setelah itu, cawan porselen disimpan dalam desikator selama 15 menit, ditimbang, dan dicatat hasilnya. Pengerjaan dilakukan tiga kali ulangan (triplo). Nilai hilang pijar dapat dihitung berdasarkan data hasil penimbangan yang didapat lalu dihitung dengan persamaan 1 berikut (Mohebbi, 2015):

$$\text{Hilang Pijar (\%)} = \frac{c - a}{b - a} \times 100\% \quad (1)$$

dimana *a*: cawan kosong, *b*: cawan dan kaolin, *c*: cawan dan kaolin setelah proses tanur.

Pengukuran Oksida Logam

Sampel kaolin disaring dengan saringan 100 mesh lalu ditimbang sebanyak 10 g dalam wadah plastik lalu ditambah 0,6 g air deionisasi. Sampel kaolin dalam wadah dipindahkan ke dalam mortar lalu diaduk hingga merata. Setelah itu, sampel disimpan dalam *mouldpress* dan ditekan dengan tangan hingga membentuk pelet. Pelet yang telah terbentuk dari proses tersebut, dapat diambil dengan membalik *mouldpress* kemudian pelet diberi identitas sampel. Pelet dilap dengan tisu dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Setelah itu, pelet diambil dari oven dan disimpan dalam desikator selama 15 menit. Pelet telah siap diukur dengan instrumen XRF (gambar 2) untuk menentukan kadar komposisi oksida logamnya. Pengerjaan dilakukan satu kali ulangan (simplo) (Moradi *et al.*, 2015).



Gambar 2. Alat X-ray fluorescence spectrometer (EDXRF PANalytical Minipal 4)

HASIL DAN PEMBAHASAN

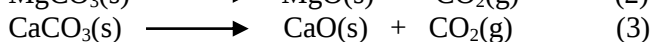
Pengujian untuk penentuan kualitas kaolin meliputi hilang pijar dan penentuan komposisi oksida logamnya. Analisis hilang pijar dilakukan secara gravimetri yang merupakan metode analisis konvensional dan bersifat destruktif dengan proses analisis yang membutuhkan waktu lama namun mudah dikerjakan di laboratorium dan biaya analisis relatif lebih rendah (Kejla *et al.*, 2022). Penentuan kadar oksida logamnya dilakukan secara spektrometri dengan alat XRF yang merupakan metode analisis modern dengan proses analisis yang berlangsung cepat, data analisis yang akurat dan bersifat non

destruktif namun memerlukan biaya analisis yang cukup mahal dan standar keselamatan kerja yang tinggi karena penggunaan radiasi sinar X (Spearman *et al.*, 2022).

Tabel 1. Hasil pegujian hilang pijar pada sampel kaolin

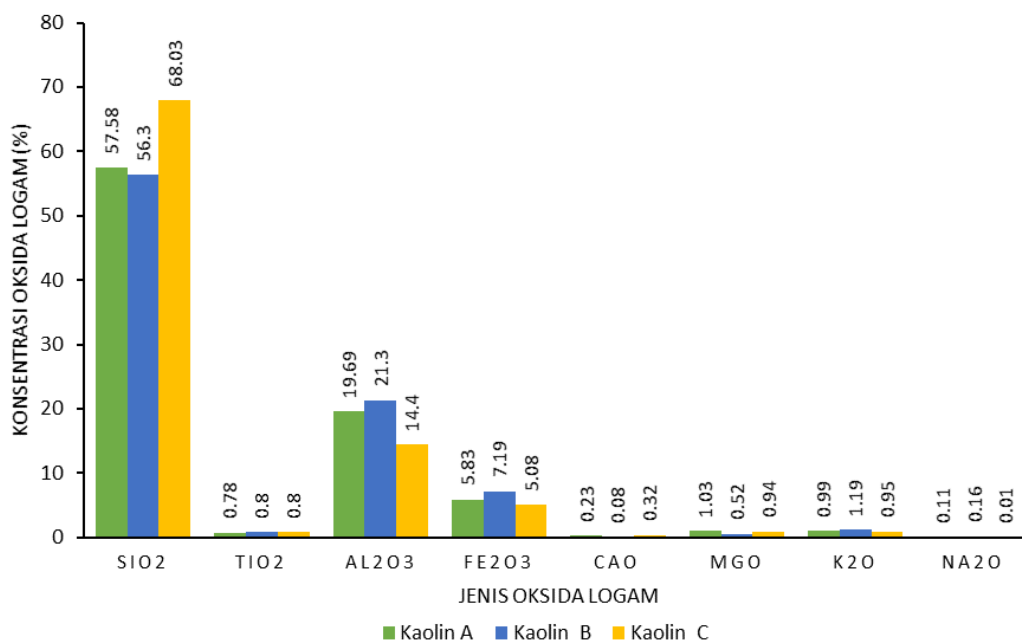
Sampel Kaolin	Ulangan Pengerjaan	Hilang Pijar (%b/b)
Kaolin A	1	8.01
	2	7.92
	3	7.90
	Rata-rata	7.94
Kaolin B	1	7.81
	2	7.78
	3	8.03
	Rata-rata	7.87
Kaolin C	1	6.48
	2	6.56
	3	6.53
	Rata-rata	6.52

Hasil percobaan menunjukkan kadar bahan hilang pijar yang berbeda-beda pada setiap jenis kaolin. Kaolin A memiliki nilai hilang pijar tertinggi (7,94%), diikuti oleh kaolin B (7,87%), dan kaolin C yang terendah (6,52%). Kadar bahan hilang pijar terbesar terdapat dalam kaolin A sedangkan terendah terdapat dalam kaolin C (tabel 1). Hasil analisis hilang pijar dibandingkan dengan spesifikasi parameter hilang pijar untuk prekursor zeolit maka dapat ditentukan bahwa tiga jenis kaolin tersebut memiliki kualitas yang baik dan dapat digunakan dalam proses produksi karena sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan yaitu maksimum 10% (Behin *et al.*, 2019). Analisis hilang pijar didasarkan pada perubahan bobot kaolin sebelum dan sesudah dipijarkan dengan tanur. Pada suhu 550 °C bahan yang hilang ialah senyawaan organik dan pada suhu 900 °C bahan yang hilang ialah senyawaan karbonat yang berubah menjadi CO₂ pada kaolin. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan reaksi berikut (persamaan 2 dan 3) (Bensharada *et al.*, 2022):



Analisis komposisi oksida logam dalam kaolin menggunakan instrumen modern yang memanfaatkan radiasi sinar X, yaitu XRF. Jenis oksida logam yang ditentukan adalah SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, dan Na₂O. Sampel yang telah ditempatkan dalam wadah sampel, harus dibersihkan terlebih dahulu dengan penghisap vakum agar tidak terdapat debu yang dapat mengandung logam tertentu. Partikel debu tersebut dapat menempel baik pada sampel maupun wadah sampel dan secara tidak langsung terukur oleh alat sehingga data hasil pengukuran tidak akurat (Revenko & Pashkova, 2023). Oksida logam-logam tersebut harus diukur secara teliti karena sangat berperan penting dalam bentuk akhir dan kualitas dari zeolit setelah proses sintesis. Hasil percobaan menunjukkan kadar oksida logam yang berbeda-beda pada ketiga jenis kaolin namun memiliki kecenderungan yang sama yaitu SiO₂ merupakan oksida logam dengan kadar yang tertinggi dan Na₂O merupakan oksida logam

dengan kadar terendah (gambar 3). Ketiga jenis kaolin menunjukkan perbedaan dalam karakteristiknya dalam hal komposisi oksida logam, kaolin C memiliki kadar SiO_2 tertinggi (68,03%). Namun, kadar Al_2O_3 terendah (14,40%) dan Fe_2O_3 terendah (5,08%). Sebaliknya, kaolin B menunjukkan kadar Al_2O_3 tertinggi (21,30%) dan Fe_2O_3 tertinggi (7,19%), dengan kadar SiO_2 (56,30%) yang paling rendah di antara ketiganya. Sementara, kaolin A memiliki kadar SiO_2 (57,58%), Al_2O_3 (19,69%), dan Fe_2O_3 (5,83%) yang berada di antara kaolin B dan C. Hal ini dapat terjadi karena keberadaan SiO_2 yang melimpah secara alami di kerak bumi (Atabaev & Hong, 2019). Senyawaan oksida logam memiliki peranan penting dalam menentukan sifat akhir dari zeolit. Silika (SiO_2) merupakan komponen utama dalam zeolit yang berpengaruh terhadap sifat tahan panas (*refractory*) ketika proses kalsinasi. Alumina (Al_2O_3) baik dalam keadaan bebas maupun terikat merupakan komponen penting pada bahan baku zeolit. Alumina memiliki sifat tahan panas dan hambatan listrik yang tinggi (Maurya *et al.*, 2025). Selain itu, SiO_2 pun mampu meningkatkan sifat mekanik struktur material (Prihatini *et al.*, 2023).



Gambar 3. Komposisi kadar oksida logam pada tiga sampel kaolin

Senyawa kalsit (CaO) dan magnesit (MgO) dalam bahan baku zeolit dapat meningkatkan kekakuan dan penyusutan bahan zeolit selama proses kalsinasi. Hal ini bermanfaat untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan mekanik yang tinggi (J.-P. Wang *et al.*, 2020) namun dapat mengurangi porositas zeolit, yang dapat mempengaruhi efektivitasnya dalam aplikasi adsorpsi dan katalisis (Silva *et al.*, 2017). Senyawa Na_2O , K_2O , dan TiO_2 merupakan komponen-komponen yang dianggap sebagai pengotor dalam sintesis zeolit. Senyawa tersebut dapat mengganggu proses kristalisasi dan memengaruhi kemurnian dan kinerja produk zeolit akhir (Otieno *et al.*, 2023) namun keberadaan TiO_2 mampu meningkatkan aktivitas zeolite sebagai katalis pada reaksi fotokatalitik (Rahayu *et al.*, 2023). Senyawa Fe_2O_3 berpengaruh terhadap pembentukan warna yang tidak diinginkan pada zeolit ketika proses kalsinasi (Tazune *et al.*, 2024) dan juga dapat mempengaruhi sifat struktural zeolit, yang berpotensi menyebabkan perubahan perilaku katalitik dan adsorpsinya (J. Oliveira *et al.*, 2016). Berdasarkan hal tersebut bukan berarti jenis oksida logam yang dianggap pengganggu tidak boleh ada dalam kaolin namun terdapat batas maksimalnya agar hasil sintesis zeolit tetap memiliki kualitas yang baik untuk aplikasinya sebagai katalis maupun adsorben. Hasil pengukuran oksida logam dibandingkan dengan spesifikasi parameter komposisi

oksida logam untuk prekursor zeolit maka dapat ditentukan bahwa tiga jenis kaolin tersebut memiliki kualitas yang baik dan dapat digunakan dalam proses sintesis zeolit karena sesuai dengan spesifikasi dalam jurnal rujukan untuk masing-masing jenis logam (tabel 2).

Tabel 2. Spesifikasi dan komposisi oksida logam kaolin untuk sintesis zeolite

Parameter Uji	Spesifikasi* (%b/b)	Kadar Oksida Logam (%b/b)		
		Kaolin A	Kaolin B	Kaolin C
SiO ₂	50-70	57.58	56.30	68.03
TiO ₂	<1	0.78	0.80	0.80
Al ₂ O ₃	8.5-30.5	19.69	21.30	14.40
Fe ₂ O ₃	2-15.5	5.83	7.19	5.08
CaO	<1.68	0.23	0.08	0.32
MgO	0.48-1.19	1.03	0.52	0.94
K ₂ O	<3.6	0.99	1.19	0.95
Na ₂ O	<0.35	0.11	0.16	0.01

*berdasarkan rujukan artikel jurnal (Waghmare & Ghadvir, 2023)

Sintesis zeolit dengan menggunakan kaolin dari Bangka Belitung telah dilakukan oleh Subagio *et al.* (2015). Hasil penelitiannya membuktikan bahwa kaolin yang dikalsinasi pada suhu yang berbeda mengoptimalkan komposisi fasa dan reaktivitas, yang mengarah pada sintesis zeolit NaY dengan hasil yang tinggi. Penambahan kristal benih dan kontrol yang tepat dari kondisi sintesis sangat penting untuk mencapai kristalinitas dan kemurnian yang tinggi. Selain itu, manfaat penggunaan kaolin ini sebagai sumber aluminosilikat dalam sintesis zeolit untuk mendapatkan katalis, adsorben, atau penukar ion dengan biaya yang lebih rendah telah diketahui secara luas (Tavasoli *et al.*, 2014). Sintesis zeolit berbasis kaolin memiliki beberapa keunggulan baik secara ekonomi maupun dampaknya terhadap lingkungan. Sintesis zeolit dari kaolin mentah dapat dilakukan tanpa melalui proses kalsinasi dan mampu menghasilkan zeolit JBW berkualitas tinggi dengan struktur kristal sempurna dan kation Na⁺ terisi penuh, serta membentuk polimorf B-CAN (Na₈(AlSiO₄)₆(Al(OH)₄)₂) yang stabil (Vogrin *et al.*, 2023). Eliminasi tahap kalsinasi menurunkan penggunaan energi, mempersingkat proses produksi, dan menekan biaya operasional. Komposisi alami kaolin dengan rasio Si:Al $\approx$ 1:1 ideal untuk menghasilkan zeolit tipe rendah silika seperti sodalit dan kanrinit yang memiliki kapasitas pertukaran ion tinggi (He *et al.*, 2021).

Sintesis zeolit dari kaolin memungkinkan terbentuknya fase baru, seperti nepheline-carnegietite yang diinterkalasi dengan NaAl(OH)₄, yang sulit diperoleh melalui sintesis konvensional (Vogrin *et al.*, 2023). Metode ini mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis, sehingga lebih ramah lingkungan. Dengan demikian, sintesis zeolit dari kaolin tidak hanya lebih efisien tetapi juga mendukung prinsip kimia hijau (*green chemistry*) (Yi Li *et al.*, 2017). Zeolit dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan rasio Si/Al, yaitu zeolit dengan kadar Si rendah dan rasio Si/Al < 1, kadar Si sedang dengan rasio Si/Al 1-5, dan kadar Si tinggi dengan rasio Si/Al > 5 (C. Wang *et al.*, 2019). Prekursor yang digunakan pada percobaan sintesis zeolit adalah kaolin. Kaolin memiliki rasio Si/Al sekitar 1. Hal tersebut mengindikasikan bahwa zeolit hasil sintesis tergolong sebagai zeolit dengan kadar Si sedang (Krisnandi *et al.*, 2018). Jenis zeolit yang paling mungkin terbentuk berdasarkan rasio Si/Al adalah zeolit Y dengan rasio

Si/Al 2,3. Rumus molekul dari zeolit Y adalah $\text{Na}_{56}[\text{Al}_{56}\text{Si}_{136}\text{O}_{384}]\cdot 250\text{H}_2\text{O}$. Zeolit Y merupakan zeolit yang memiliki pori-pori cukup besar dengan struktur kerangka FAU tersusun dari unsur Al sebagai muatan negatif dengan kerangka tiga dimensi tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 yang bergabung membentuk oktahedral tercapung (sodalit) (Yichuan Li *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Kualitas kaolin sebagai prekursor pada sintesis zeolit dapat ditentukan dengan analisis hilang pijar secara gravimetri dan komposisi oksida logamnya dengan alat XRF. Berdasarkan hasil pengujian hilang pijar dan komposisi oksida logam dapat disimpulkan bahwa sampel kaolin A, kaolin B, dan kaolin C memiliki kualitas yang sesuai dengan standar acuan spesifikasi bahan prekursor zeolit sehingga ketiga kaolin tersebut dapat direkomendasikan sebagai prekursor dalam sintesis zeolit pada kegiatan praktikum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia Anorganik Departemen Kimia FMIPA IPB atas dukungannya untuk pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Atabaev, T. S., & Hong, N. H. (2019). Chapter 4 - Silica-Based Nanostructures in Biomedicine. In N. H. B. T.-N.-S. M. M. Hong (Ed.), *Micro and Nano Technologies* (pp. 73–88). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813934-9.00004-9>
- Behin, J., Ghadamnan, E., & Kazemian, H. (2019). Recent advances in the science and technology of natural zeolites in Iran. *Clay Minerals*, 54(2), 131–144. <https://doi.org/DOI: 10.1180/clm.2019.19>
- Bensharada, M., Telford, R., Stern, B., & Gaffney, V. (2022). Loss on ignition vs. thermogravimetric analysis: a comparative study to determine organic matter and carbonate content in sediments. *Journal of Paleolimnology*, 67(2), 191–197. <https://doi.org/10.1007/s10933-021-00209-6>
- Hartati, Prasetyoko, D., Santoso, M., Qoniah, I., Leaw, W. L., Firda, P. B. D., & Nur, H. (2020). A review on synthesis of kaolin-based zeolite and the effect of impurities. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 67(6), 911–936. <https://doi.org/10.1002/jccs.201900047>
- He, Y., Tang, S., Yin, S., & Li, S. (2021). Research progress on green synthesis of various high-purity zeolites from natural material-kaolin. *Journal of Cleaner Production*, 306, 127248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127248>
- Kejla, L., Svoboda, P., Sedláček, J., & Šimáček, P. (2022). Gravimetric titrations in a modern analytical laboratory: evaluation of performance and practicality in everyday use. *Chemical Papers*, 76(4), 2051–2058. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-02004-z>
- Krisnandi, Y. K., Parmanti, I. Y., Yunarti, R. T., Sihombing, R., & Saragi, I. R. (2018). Synthesis and Characterization of Zeolite NaY from kaolin Bangka Belitung with variation of synthesis composition and crystallization time. *Journal of Physics: Conference Series*, 1095(1), 12043. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1095/1/012043>
- Kubů, M., Opanasenko, M., & Vitvarová, D. (2015). Desilication of SSZ-33 zeolite-Post-synthesis modification of textural and acidic properties. *Catalysis Today*, 243(C), 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2014.07.046>
- Kumar, M, M., Senthilvadivu, R., Brahmaji Rao, J. S., Neelamegam, M., Ashok Kumar, G. V. S., Kumar, R., & Jena, H. (2020). Characterization of fly ash by ED-XRF and INAA for the synthesis of low silica zeolites. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 325(3), 941–947. <https://doi.org/10.1007/s10967-020-07243-0>
- Li, Yi, Li, L., & Yu, J. (2017). Applications of Zeolites in Sustainable Chemistry. *Chem*, 3(6), 928–949. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chempr.2017.10.009>

- Li, Yichuan, Zhu, G., Wang, Y., Chai, Y., & Liu, C. (2021). Preparation, mechanism and applications of oriented MFI zeolite membranes: A review. *Microporous and Mesoporous Materials*, 312, 110790. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2020.110790>
- Liu, H., Liu, S., Xie, S., Song, C., Xin, W., & Xu, L. (2015). Effect of Desilication on the Performance of Hierarchical ZSM-11 Catalysts for Alkylation of Benzene with Dimethyl Ether. *Catalysis Letters*, 145(11), 1972–1983. <https://doi.org/10.1007/s10562-015-1589-1>
- Maurya, A., Singh, S., & Pathak, N. P. (2025). The Importance of Mesoporous Materials (Silica, Alumina, and Zeolite) as Solid Supports for Metal Complex Catalysts in Organic Transformations. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 35(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10904-024-03249-3>
- Mohebbi, M. (2015). *Reliability of Loss on Ignition (LOI) Test for Determining the Unburned Carbon Content in Fly Ash*.
- Moradi, M., Yamini, Y., Kakehmam, J., & Ahmadi, K. (2015). A review in the sample preparation of aqueous solutions combined with X-ray fluorescence detection. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 12(5), 831–838. <https://doi.org/10.1007/s13738-014-0545-0>
- Oliveira, D. S., Lima, R. B., Pergher, S. B. C., & Caldeira, V. P. S. (2023). Hierarchical Zeolite Synthesis by Alkaline Treatment: Advantages and Applications. *Catalysts*, 13(2), 1–28. <https://doi.org/10.3390/catal13020316>
- Oliveira, J., Mazutti, M., Urquieta, E., Foletto, E., & Jahn, S. L. (2016). Preparation of Mesoporous Fe₂O₃-Supported ZSM-5 Zeolites by Carbon-Templating and their Evaluation as Photo-Fenton Catalysts to Degrade Organic Pollutant. *Materials Research*, 19. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2016-0367>
- Otieno, S. O., Kengara, F. O., Kowenje, C. O., & Mokaya, R. (2023). Hydrothermal synthesis of zeolites using silica extracted from tropical volcanic ash. *Materials Advances*, 4(10), 2292–2300. <https://doi.org/https://doi.org/10.1039/d3ma00065f>
- Pasi, N., Bratadireja, M., & Chaerunnisa, A. (2020). Study of Physicochemical Characteristics of Kaolin from Belitung Regency. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 7, 38. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v7i2.25675>
- Pérez-Botella, E., Valencia, S., & Rey, F. (2022). Zeolites in Adsorption Processes: State of the Art and Future Prospects. *Chemical Reviews*, 122(24), 17647–17695. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00140>
- Prihatini, E., Wahyuningtyas, I., Rahayu, I. S., & Ismail, R. (2023). Pengaruh Larutan Furfuril Alkohol Dan Nanopartikel SiO₂ pada Beberapa Metode Impregnasi Kayu Jabon. *Indonesian Journal of Laboratory; Edisi Khusus 2023DO* - 10.22146/Ijl.V0i3.84108 . <https://jurnal.ugm.ac.id/ijl/article/view/84108>
- Rahayu, I., Darmawan, W., Nawawi, D. S., Prihatini, E., Ismail, R., Laksono, G. D., & Martha, R. (2023). Surface Modification of Fast-Growing Wood with a Titanium-Dioxide-Based Nanocoating to Improve Weathering Resistance. *Coatings*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/coatings13111924>
- Revenko, A. G., & Pashkova, G. V. (2023). X-Ray Fluorescence Spectrometry: Current Status and Prospects of Development. *Journal of Analytical Chemistry*, 78(11), 1452–1468. <https://doi.org/10.1134/S1061934823110072>
- Silva, A. M., Figueiredo, R. S., & Leao, V. A. (2017). *A Comparison Between Recycled Spent Zeolite and Calcite Limestone for Manganese Removal BT - Proceedings of the 3rd Pan American Materials Congress*; pp. 107–114). Springer International Publishing.
- Spearman, S., Bartrem, C., Sharshenova, A. A., Salymbekova, K. S., Isirailov, M. B., Gaynazarov, S. A., Gilmanov, R., von Lindern, I. H., von Braun, M., & Möller, G. (2022). Comparison of X-ray Fluorescence (XRF) and Atomic Absorption Spectrometry (AAS) Results for an Environmental Assessment at a Mercury Site in Kyrgyzstan. In *Applied Sciences* (Vol. 12, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/app12041943>

- Subagjo, S., Rahayu, E., Samadhi, T., & Gunawan, M. (2015). Synthesis of NaY Zeolite Using Mixed Calcined Kaolins. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 47, 633–639. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2015.47.6.4>
- Tavasoli, M., Kazemian, H., Sadjadi, S., & Tamizifar, M. (2014). Synthesis and Characterization of Zeolite NaY Using Kaolin With Different Synthesis Methods. *Clays and Clay Minerals*, 62(6), 508–518. <https://doi.org/DOI: 10.1346/CCMN.2014.0620605>
- Tazune, F. K., Tchakouté, H. K., Rüsch, C. H., Tchekwagep, J. J. K., & Hou, P. (2024). Effects of Fe₂O₃/SiO₂ Molar Ratios in the Fe-Silica on the Compressive Strengths and Microstructural Properties of Geopolymer Materials Derived from Waste Fired Clay Brick and Metakaolin. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 34(4), 1725–1737. <https://doi.org/10.1007/s10904-023-02913-4>
- Touch, N., Hibino, T., Takata, H., & Yamaji, S. (2017). Loss on Ignition-Based Indices for Evaluating Organic Matter Characteristics of Littoral Sediments. *Pedosphere*, 27(5), 978–984. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60487-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60487-9)
- Ulfiati, R., Rozaq, F., Dhaneswara, D., & Harjanto, S. (2020). Characterization of calcined Badau Belitung kaolin as potential raw materials of zeolite. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2232). <https://doi.org/10.1063/5.0001378>
- Vogrin, J., Santini, T., Peng, H., Zhao, L., & Vaughan, J. (2023). Synthesis of zeolites using kaolin in concentrated sodium hydroxide-aluminate solutions. *Applied Clay Science*, 244, 107106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clay.2023.107106>
- Waghmare, S., & Ghadvir, G. (2023). *Study of influence of Zeolite Application in Rigid pavement and Strength Prediction through Regression Analysis*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3442339/v1>
- Wang, C., Leng, S., Guo, H., Yu, J., Li, W., Cao, L., & Huang, J. (2019). Quantitative arrangement of Si/Al ratio of natural zeolite using acid treatment. *Applied Surface Science*, 498, 143874. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.143874>
- Wang, J.-P., Kim, G.-C., & Go, M.-S. (2020). A Study on the Removal of Heavy Metal with Mg-Modified Zeolite. *J Korean Powder Metall Inst*, 27(4), 287–292. <https://doi.org/10.4150/KPMI.2020.27.4.287>
- Yang, C., Xie, S., Liu, H., Xin, W., Feng, C., Li, X., Liu, S., Xu, L., & Zeng, P. (2018). IM-5 Zeolite Treated with Mixed Solution of NaOH and TPABr: Characterization and Application for Alkylation of Benzene with Ethanol. *Catalysis Letters*, 148(7), 2030–2041. <https://doi.org/10.1007/s10562-018-2424-2>