



ADSORPTION CONDITION OF GEOPOLYMER SYNTHESIZED FROM CORNCOB ASH USING NaOH AND NaSiO FOR METHYLEN BLUE REMOVAL

Gladys Ayu Paramita Kusumah Wardhani* dan Amri Yahya

Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Nusa Bangsa,

Jl. Sholeh Iskandar KM.04, Cibadak, Tanah Sareal, Kota Bogor, Jawa Barat, 16110, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 Oct 2024,

Revised 12 Dec 2024,

Accepted 24 Dec 2024,

Available online 30 Jan 2025

Keywords:

- ✓ corncob ash;
- ✓ geopolymer;
- ✓ Si/Al ratio;
- ✓ Si-O-Al bond;
- ✓ adsorption

*corresponding author:

Gladys.paramita@gmail.com

Phone: +6285720809028

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v15i1.764)

[15i1.764](https://doi.org/10.31938/jsn.v15i1.764)

ABSTRACT

In this study, geopolymer G10 based corncob ash were synthesized by alkaline activation using NaOH 10 M-Na₂SiO₃(2:1) with ratio 5:3. The G10 were characterized by X-Ray fluorescence (XRF) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and applied to methylene blue adsorption in an aqueous media in batch method. Adsorption efficiency were observed in optimum pH, contact time, adsorbent weight, and methylene blue concentration using UV-Visible spectrophotometer. The resulting geopolymer is brown at a drying temperature of corncob powder at 80 °C. Based on the XRF results, the Si:Al ratio value in corncob ash was 3:1. The bonds in the geopolymer include, Si-O-Si, Si-O-Al, Si-OH, and Al-O-Si. Optimum adsorption conditions were obtained at pH 3, contact time at 120 menit, adsorbent weight is 50 mg, and initial concentration of methylene blue is 200 mg/L.

Kondisi Adsorpsi Geopolimer yang Disintesis dari Abu Tongkol Jagung Menggunakan NaOH dan Na₂SiO₃ untuk Penghilangan Metilen Biru

ABSTRAK

Palm oil mill effluent (POME) merupakan limbah cair yang dihasilkan dari industri. Pada penelitian ini, disintesis geopolimer G10 menggunakan NaOH 10 M dan Na₂SiO₃ (2:1) pada perbandingan 5:3. Geopolimer G10 dikarakterisasi menggunakan X-Ray fluorescence (XRF) dan Spektroskopi fourier transform infrared (FTIR) dan diaplikasikan untuk adsorpsi metilen biru pada larutan air dalam metode batch. Efisiensi adsorpsi diamati pada kondisi optimum yang meliputi, pH, waktu kontak, bobot adsorben, dan pengukuran konsentrasi awal metilen biru menggunakan spektrofotometer UV-Visible. Geopolimer yang dihasilkan berwarna coklat pada suhu pemanasan sebesar 80 °C. Berdasarkan hasil karakterisasi XRF, nilai rasio Si : Al abu tongkol jagung yaitu 3:1. Ikatan yang terdapat pada struktur geopolimer yaitu Si-O-Si, Si-O-Al, Si-OH, and Al-O-Si. Kondisi optimum adsorpsi dihasilkan pada pH 3, waktu kontak 120 menit, bobot adsorben 50 mg, dan konsentrasi awal metilen biru sebesar 200 mg/L.

Kata kunci: abu tongkol jagung, geopolimer, rasio Si/Al, ikatan Si-O-Al, adsorpsi

PENDAHULUAN

Geopolimer merupakan makromolekul yang murah dan ramah lingkungan, diperoleh dari reaksi polimerisasi aluminosilikat amorf dengan larutan aktivator pada suhu ruang atau temperatur di bawah 100 °C. Beberapa tahun terakhir, produksi geopolimer banyak dilakukan karena sifatnya tahan lama, kuat tekan yang baik, dan stabil secara kimia dan termal (Padmapriya et al., 2022). Pengembangan geopolimer banyak diaplikasikan dalam teknik sipil sebagai material konstruksi, industri otomotif, enkapsulasi limbah beracun, dan lain-lain tergantung pada sifat-

sifatnya (Tome et al., 2018, 2021). Geopolimer memiliki struktur yang bervariasi dari amorf hingga semikristalin. Struktur instrinsiknya berpori dengan kerangka aluminosilikat bermuatan negatif yang disetimbangkan oleh kation (Na⁺, K⁺), sehingga geopolimer dapat digunakan sebagai adsorben (Luukkonen et al., 2016). Geopolimer terbukti efektif dalam menyerap logam berat (Feng et al., 2022; Yan et al., 2022) dan zat warna (Al-husseiny & Ebrahim, 2022; Candamano et al., 2023; Hermann et al., 2022; Novais et al., 2019).

Keberadaan limbah zat warna dalam lingkungan merupakan permasalahan yang sangat



penting. Metilen biru ($C_{16}H_{18}ClN_3S$) merupakan zat warna kationik yang umum digunakan dalam industri tekstil sebagai pewarna katun, wool, kulit, pewarna kertas, dan pewarna furnitur (Khan et al., 2015). Metilen biru sangat berbahaya bagi kehidupan karena dapat menyebabkan kebutaan, asma, alergi, dan kelainan abdominal (Sivalingam et al., 2019). Untuk menghilangkan zat warna dari perairan, telah banyak teknik yang digunakan seperti ultrafiltrasi, fotodegradasi ataupun pertukaran ion, namun adsorpsi masih merupakan salah satu teknik yang paling efektif dan murah untuk penanganan limbah (Rožek et al., 2020). Metilen biru merupakan zat warna kationik, bermuatan positif, maka penggunaan geopolimer dengan kerangka yang bermuatan negatif sebagai adsorben merupakan solusi yang cukup efektif (Hertel et al., 2019).

Prekursor yang digunakan dalam sintesis adsorben geopolimer antara lain *fly ash*, metakaolin, dan abu vulkanik. Produk geopolimerisasi dari bahan tersebut tidak selalu menjanjikan material dengan luas permukaan yang tinggi dan kapasitas adsorpsi yang tinggi (Bai & Colombo, 2018). Penggunaan limbah pertanian, abu sekam padi, telah diteliti oleh Barbosa sebagai adsorben metilen biru (Ramos et al., 2018). Limbah pertanian lainnya yang kaya silika dan berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan geopolimer yaitu abu ampas tebu dan abu tongkol jagung. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah pertanian seperti abu sekam padi, abu ampas tebu, dan abu tongkol jagung mengandung lebih dari 60 % SiO_2 dan memiliki aktivitas pozzolanic dan dapat digunakan sebagai mineral campuran untuk menggantikan semen dan telah mencapai hasil eksperimen yang baik (Liu et al., 2022). Penelitian ini bertujuan untuk membuat geopolimer berbahan dasar abu tongkol jagung menggunakan NaOH 10 M dan Na_2SiO_3 . Geopolimer ini dikarakterisasi dan diteliti potensinya sebagai adsorben metilen biru. Potensi dalam mengadsorpsi metilen biru diamati melalui optimasi adsorpsi pada kondisi pH, waktu kontak, bobot adsorben, dan konsentrasi metilen biru yang bervariasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: tongkol jagung yang diperoleh dari daerah Bogor, NaOH *pellet* (Merck), Na_2SiO_3 *solution*

(Merck), akuades, HCl 37% (Merck), etanol teknis, pHmeter, metilen biru, dan kertas saring.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, peralatan gelas, cetakan geopolimer, saringan ukuran 60 dan 100 mesh, tanur, oven, *X-Ray Fluorescence* (XRF), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merk Shimadzu, dan spektrofotometer UV-Vis.

Metode

Preparasi Abu Tongkol Jagung

Tongkol jagung yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari daerah Bogor, Jawa Barat. Tongkol jagung dicacah berukuran sekitar 2 cm. Tongkol jagung yang sudah dicacah dikeringkan di bawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar air. Kemudian tongkol jagung digrinder untuk membentuk serbuk kasar dan direndam dalam HCl 3 M selama 1 jam. Serbuk tongkol jagung dicuci menggunakan akuades dan etanol, dikeringkan pada suhu 100 °C selama 24 jam serta dikalsinasi selama 3 jam dengan suhu 700 °C. Prosedur yang sama dilakukan untuk serbuk tongkol jagung yang dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam. Serbuk yang telah kering didinginkan pada suhu ruang dan hasil yang diperoleh berupa abu tongkol jagung (ATJ100 dan ATJ80). Abu tongkol jagung dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan ditentukan kadar abu yang sesuai sebagai bahan dasar pembuatan geopolimer.

Pembuatan Geopolimer Abu Tongkol Jagung

Abu tongkol jagung (ATJ80) disaring dengan ayakan 60 mesh, dicuci dengan akuades. Selanjutnya, pengeringan dilakukan pada suhu 105°C selama 24 jam di dalam oven. Pembuatan geopolimer berbahan dasar abu tongkol jagung dilakukan dengan konsentrasi NaOH 10 M. Persiapan larutan alkali aktivator dilakukan dengan mencampur NaOH dengan Na_2SiO_3 dalam rasio 2:1. Campuran tersebut diaduk hingga membentuk larutan alkali aktivator. Setiap larutan alkali aktivator dicampurkan dengan abu tongkol jagung dalam rasio 3 : 5. Campuran kemudian diaduk selama 15 menit hingga membentuk pasta geopolimer. Pasta tersebut dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan selama 3 hari, kemudian *dicuring* dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Selanjutnya, cetakan tersebut dikeluarkan dari oven dan dibiarkan di udara terbuka selama 7 hari. Setelah 7 hari, geopolimer diambil dari cetakan dan dicuci dengan akuades hingga pH netral. Kemudian, geopolimer dikeringkan

kembali dalam oven selama 1 jam pada suhu 105°C untuk menghilangkan sisa kelembaban. Setelah kering, geopolimer digerus dan disaring menggunakan ayakan berukuran 100 mesh untuk mendapatkan geopolimer G10.

Karakterisasi Geopolimer Abu Tongkol Jagung

Geopolimer dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk menentukan persentase silika, alumina, dan oksida logam lainnya. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui pembentukan ikatan silika dan alumina pada bilangan gelombang 400 - 4000 cm⁻¹.

Optimasi Kondisi Adsorpsi

Optimasi pH

Optimasi pH adsorpsi dilakukan dengan menyiapkan larutan metilen biru (MB) pada konsentrasi 100 mg/L dan volume 50 mL. Beaker glass disiapkan untuk variasi pH larutan 3, 4, 5, dan 7. Pengaturan pH dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 0,1 N atau NaOH 0,1 N hingga mencapai pH yang diinginkan. Selanjutnya, masing-masing larutan tersebut dicampur dengan 0,1 gram G10. Campuran diaduk selama 60 menit pada kecepatan 200 rpm pada suhu kamar, dipisahkan melalui proses sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum MB (664 nm). Nilai absorbansi digunakan untuk menghitung persentase penghilangan MB (% efisiensi).

Optimasi Waktu Kontak

Optimasi waktu kontak adsorpsi dilakukan dengan menyiapkan larutan MB pada konsentrasi 100 mg/L dengan volume 50 mL, dan pH larutan diatur sesuai dengan pH optimum yang diperoleh dalam eksperimen optimasi pH adsorpsi. Pengaturan pH dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 0,1 N atau NaOH 0,1 N hingga mencapai pH yang diinginkan. Masing-masing larutan ditambahkan 0,1 gram G10. Campuran diaduk dengan variasi waktu selama 30, 60, 90, dan 120 menit pada kecepatan 200 rpm dan suhu kamar. Setelah pencampuran, campuran kemudian dipisahkan melalui proses sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Filtrat yang telah dipisahkan kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum MB (664 nm) menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi

tersebut digunakan untuk menghitung persentase penghilangan MB (% efisiensi).

Optimasi Bobot Adsorben

Optimasi bobot adsorben dilakukan dengan menyiapkan larutan MB pada konsentrasi 100 mg/L dengan volume 50 mL, dan pH larutan diatur sesuai dengan pH optimum yang diperoleh dalam eksperimen optimasi pH adsorpsi. Pengaturan pH dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 0,1 N atau NaOH 0,1 N hingga mencapai pH yang diinginkan. Masing-masing larutan ditambahkan 0,05 ; 0,1 ; 0,15 ; dan 0,2 gram G10. Campuran diaduk pada waktu yang optimum yang diperoleh sebelumnya dengan kecepatan 200 rpm dan suhu kamar. Setelah pencampuran, campuran kemudian dipisahkan melalui proses sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Filtrat yang telah dipisahkan kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum MB (664 nm) menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi tersebut digunakan untuk menghitung persentase penghilangan MB (% efisiensi).

Optimasi Konsentrasi Adsorbat

Optimasi konsentrasi adsorbat dilakukan dengan menyiapkan larutan MB pada konsentrasi 50, 100, 150, dan 200 mg/L dengan volume 50 mL, dan pH larutan diatur sesuai dengan pH optimum yang diperoleh dalam eksperimen optimasi pH adsorpsi. Pengaturan pH dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 0,1 N atau NaOH 0,1 N hingga mencapai pH yang diinginkan. Masing-masing larutan ditambahkan G10 sebesar bobot optimum yang diperoleh sebelumnya. Campuran diaduk dengan variasi waktu selama waktu optimum pada kecepatan 200 rpm dan suhu kamar. Setelah pencampuran, campuran kemudian dipisahkan melalui proses sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Filtrat yang telah dipisahkan kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum MB (664 nm) menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi digunakan untuk menghitung persentase penghilangan MB (% efisiensi).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Abu Tongkol Jagung

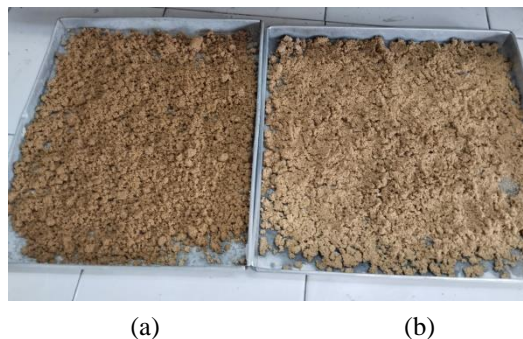
Abu tongkol jagung dihasilkan dari serbuk tongkol jagung hasil leaching. Pengeringan serbuk tongkol jagung yang telah dileaching

menggunakan dua suhu yang berbeda untuk dibandingkan hasil *furnaceny*. *Leaching* pada suhu kamar dilakukan untuk menghilangkan senyawa-senyawa selain silika pada serbuk tongkol jagung. *Leaching* ini merupakan pelarutan satu atau lebih senyawa melalui kontak dengan pelarut tertentu yaitu asam. Metode nontermal dengan asam kuat efektif untuk menghilangkan zat-zat anorganik pengotor dalam sekam padi yang biasanya terdapat dalam jumlah sedikit. Penggunaan asam kuat menghilangkan pengotor anorganik saja, dan senyawa-senyawa organik seperti : selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan turut terhidrolisis. Hidrolisis menggunakan asam klorida telah dilakukan oleh Chandra et al., (2012) yang mengisolasi silika dari sekam padi. Pembakaran sekam padi yang didahului dengan hidrolisis menggunakan HCl menghasilkan warna abu sekam padi yang lebih putih karena pada saat dibakar kandungan logam dan senyawa organik pada sekam padi telah hilang sebelumnya. Penggunaan HCl sebagai asam penghidrolisis pada isolasi silika juga telah berhasil dilakukan oleh peneliti lainnya (Wardhani et al., 2017)

Setelah mengalami proses *leaching*, sampel serbuk tongkol jagung kemudian dicuci

menggunakan akuades dan etanol untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang tertinggal. Pengeringan serbuk menggunakan dua variasi suhu yang berbeda. Hasil pengeringan menunjukkan warna serbuk yang berbeda. Serbuk yang dikeringkan pada suhu 100 °C berwarna coklat gelap dibandingkan dengan serbuk yang dikeringkan pada suhu 80 °C seperti terlihat pada Gambar 1.

Furnace pada suhu 700 °C merupakan proses termal yang termasuk salah satu tahapan yang penting untuk mendekomposisi senyawa-senyawa selain silika. Abu yang dihasilkan dari kedua serbuk tongkol jagung memiliki warna yang berbeda. Abu dari STJ100 memiliki warna putih sedangkan abu dari STJ80 memiliki warna coklat terang. Perbedaan warna ini terkait dengan kandungan oksida logam yang terdapat pada abu tersebut. Semakin banyak komposisi oksida aluminium maka warna serbuknya semakin putih, sesuai dengan hasil karakterisasi menggunakan *X-Ray Fluroscence*. Proses termal ini berkaitan dengan komposisi oksida logam pada abu tongkol jagung yang dihasilkan.



Gambar 1. Serbuk Tongkol Jagung (a) Pengeringan Suhu 100 °C (STJ100) dan (b) Pengeringan Suhu 80 °C (STJ80).



Gambar 2. Abu Tongkol Jagung (a) ATJ100 dan (b) ATJ80



Gambar 3. Geopolimer (GIO)

Geopolimer Berbahan Dasar Abu Tongkol Jagung

Reaksi geopolimerisasi melibatkan bahan dasar yang mengandung silika dan alumina dengan larutan alkali aktivator. Alkali aktivator yang digunakan yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3). Kedua senyawa ini paling umum digunakan dalam pembuatan geopolimer. Larutan alkali aktivator berbasis hidroksida dan silikat dapat digunakan secara bersamaan pada rasio tertentu. Reaksi kimia matrik geopolimer tergantung pada konsentrasi alkali aktivator (Tuyan et al., 2018). Kondisi *curing* ini merupakan kondisi menentukan kestabilan geopolimer. Geopolimer yang dihasilkan dalam penelitian ini berwarna coklat seperti pada Gambar 3 dihaluskan dengan ukuran 100 mesh untuk meningkatkan luas permukaannya agar proses adsorpsi terjadi lebih efektif. Serbuk geopolimer ini yang diaplikasikan sebagai adsorben MB.

Komposisi Oksida Logam pada Abu Tongkol Jagung

Komposisi oksida logam pada abu tongkol jagung yang dihasilkan dapat dilihat dari data hasil karakterisasi (XRF) *X-Ray Fluorescence*.

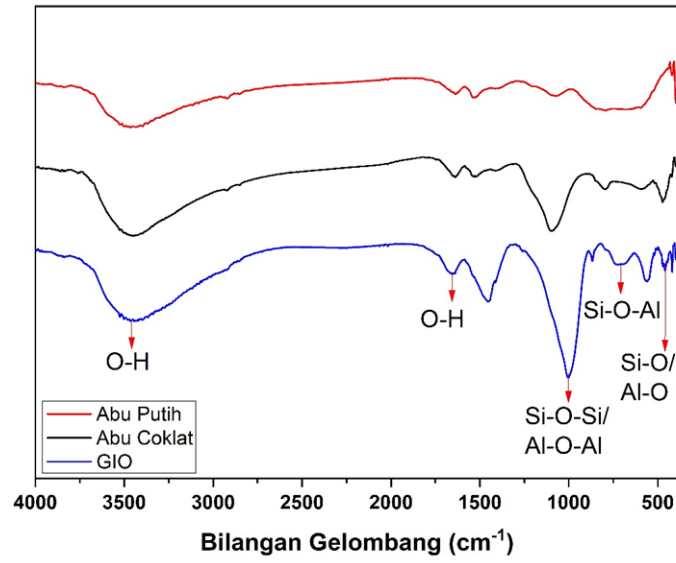
Tabel 1 menunjukkan bahwa komposisi SiO_2 pada ATJ100 lebih sedikit jika dibandingkan dengan silika pada ATJ80, sedangkan persentase Al_2O_3 pada ATJ100 lebih banyak dibandingkan ATJ80. Rasio Si/Al dapat ditentukan berdasarkan hasil tersebut. Rasio Si/Al pada ATJ100 yaitu 1 : 5 sedangkan pada ATJ80 yaitu 3 : 1. Rasio tersebut, digunakan sebagai bahan dasar geopolimer yaitu ATJ80 yang memiliki rasio Si/Al mirip dengan *fly ash* tipe F (Law, 2014). Berdasarkan hasil pada Tabel 1, komposisi oksida logam ATJ80 yaitu SiO_2 sebesar 44%, Al_2O_3 13%, Fe_2O_3 22,9%, dan CaO sebesar 8,21%. Menurut standar ASTM C-618, syarat bahan pencampur beton memiliki persentase $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ adalah minimal 70%. Sehingga ATJ80 ini dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan geopolimer.

Spektrum FTIR Abu Tongkol Jagung

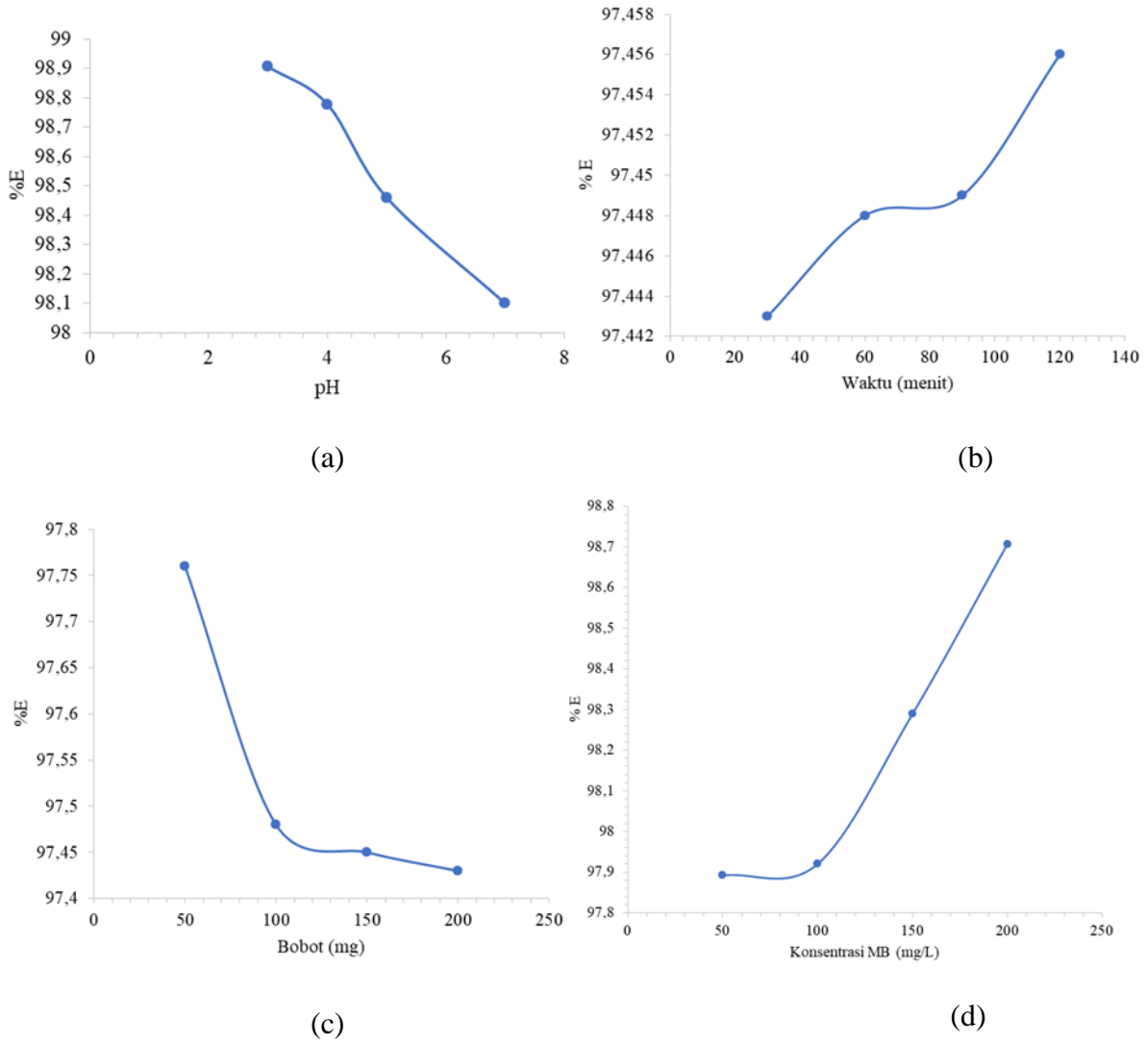
Gambar 4 menunjukkan spektrum FTIR ATJ100 (abu putih), ATJ80 (abu coklat), dan geopolimer yang telah dibuat (GIO). Pita vibrasi yang terlihat di daerah bilangan gelombang 3560 cm^{-1} menunjukkan regangan ikatan O-H pada gugus hidroksil air yang terserap (Dzoujo et al., 2022), puncak ini muncul secara bersamaan dengan puncak pada bilangan gelombang 1600 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi tekuk ikatan H-O-H dan vibrasi ulur O-H (Xiong et al., 2024). Pada geopolimer GIO muncul puncak yang jelas pada daerah 1480 cm^{-1} sedangkan pada ATJ100 dan ATJ80 tidak muncul. Spektra ini merupakan vibrasi regangan O-C-O, adanya senyawa natrium karbonat (Padmapriya et al., 2022) yang disebabkan oleh karbonasi atmosferik dari campuran. Pita serapan di sekitar daerah bilangan gelombang $1036 - 968 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi elongasi Si-O-Al atau Si-O-Si simetri dan asimetri dalam kerangka tetrahedra SiO_4 dan AlO_4 pada rantai geopolimer. Pita serapan yang terlihat pada $746 - 735 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi elongasi ikatan Si-O-Al (Ramos et al., 2018). Pita ini terlihat jelas pada spektra GIO.

Tabel 1. Komposisi Oksida dan Unsur dari Bahan Baku (Abu Tongkol Jagung)

Senyawa	ATJ100		ATJ80	
	Oksida (%)	Unsur (%)	Oksida (%)	Unsur (%)
SiO_2	11	10	44	31
Al_2O_3	65	52	13	11
Fe_2O_3	8,9	14,7	22,9	33
CaO	2,5	3,8	8,21	10,6
K_2O	6,8	11,4	5,19	7,46
TiO_2	0,43	0,55	2,04	2,3
ZnO	1,26	2,68	0,25	0,46
P_2O_5	1,8	1,3	2,6	1,8



Gambar 4. Spektrum FTIR



Gambar 5. Kondisi Optimum Adsorpsi (a) Nilai pH, (b) Waktu Kontak, (c) Bobot Adsorben, (d) Konsentrasi Metilen Biru

Pita serapan yang muncul di sekitar daerah bilangan gelombang $545 - 460 \text{ cm}^{-1}$ berkaitan dengan elongasi simetri Al–O–Al, Si–O–Fe, dan Si–O–Si (Dzoujo et al., 2022). Intensitas pita serapan ikatan Si–O–Al atau Si–O–Si pada spektra FTIR abu putih (ATJ100), abu coklat (ATJ80), dan geopolimer (GIO) memiliki perbedaan yang cukup jelas. Intensitas yang paling tinggi ditunjukkan pada spektra GIO, kemudian abu coklat, sedangkan abu putih memiliki intensitas paling rendah. Hal ini sesuai dengan data XRF kedua abu yang menunjukkan bahwa komposisi SiO_2 pada abu coklat lebih besar dibandingkan dengan abu putih. Sehingga, dipilih abu coklat (ATJ80) sebagai bahan dasar pembuatan geopolimer.

Kondisi Optimum Adsorpsi

Aplikasi geopolimer berbahan dasar abu tongkol jagung sebagai adsorben dilakukan melalui pengamatan nilai % penghilangan metilen biru (% efisiensi adsorpsi) pada variasi pH, waktu kontak, bobot adsorben, dan konsentrasi metilen biru yang diadsorpsi. Gambar 5 menunjukkan nilai optimum dari kondisi adsorpsi yang dilakukan. Nilai pH optimum (Gambar 5.(a)) pada saat adsorpsi metilen biru oleh geopolimer yang diperoleh dalam penelitian yaitu pH 3. Rentang pH optimum ini termasuk dalam kondisi asam. Hal ini sesuai dengan penelitian Feng et al. (2022) yang mendapatkan kondisi pH optimum untuk adsorpsi larutan metilen biru yaitu kurang dari 7. Semakin besar pH maka persen efisiensi adsorpsi semakin menurun kemungkinan karena pada saat penyesuaian nilai pH (yang semakin naik), menurunkan konsentrasi awal adsorbat (Yu et al., 2020).

Waktu kontak optimum pada adsorpsi MB (Gambar 5.(b)) diperoleh pada menit ke-120. Peningkatan waktu kontak mempercepat terjadinya adsorpsi. Hal ini karena pada rentang waktu kontak awal terdapat banyak situs aktif pada permukaan adsorben geopolimer dan molekul adsorbat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben tersebut, sehingga menyebabkan terjadinya adsorpsi yang lebih cepat (Lertcumfu et al., 2020). Pengaruh bobot adsorben GIO ditunjukkan pada Gambar 5.(c). Ketika jumlah bobot GIO dinaikkan dari 50 – 200 mg, efisiensi adsorpsi semakin menurun dari 97,76 hingga 97,43%. Penurunan efisiensi ini tidak terlalu besar. Semakin bertambah bobot adsorben, efisiensi adsorpsinya semakin menurun karena semakin banyak situs aktif adsorben yang saling tumpang tindih atau kemungkinan terjadi

penggumpalan di permukaan adsorben. Hal ini menyebabkan MB sulit berinteraksi dengan sisi aktif adsorben (Anisara et al., 2024). Gambar 5.(d) menunjukkan bahwa dengan meningkatkan konsentrasi awal MB, maka efisiensi adsorpsi juga meningkat. Peningkatan konsentrasi awal MB mengakibatkan peningkatan kompetisi antara molekul-molekul adsorbat yang teradsorpsi pada adsorben sehingga meningkatkan interaksi antara MB dengan geopolimer yang menghasilkan nilai efisiensi adsorpsi semakin tinggi (Maknun et al., 2018).

KESIMPULAN

Geopolimer dapat disintesis dari abu tongkol jagung dengan komposisi rasio Si/Al 3 : 1 menggunakan alkali aktivator NaOH 10 M dan NaSi_2O_3 (2:1). Geopolimer yang dihasilkan berwarna coklat pada temperatur pengeringan serbuk tongkol jagung 80°C . Ikatan yang terdapat pada geopolimer meliputi ikatan Si–O–Si, Si–O–Al, Si–OH, dan Al–O–Si. Kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada pH 3, waktu kontak 120 menit, bobot adsorben 50 mg, dan konsentrasi awal metilen biru 200 mg/L. Pada kondisi optimum tersebut efisiensi adsorpsinya mencapai sekitar 98,76 %.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat riset, teknologi, dan pengabdian masyarakat, direktorat jenderal pendidikan tinggi, riset, dan teknologi, Kementerian pendidikan, kebudayaan, riset, dan teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dana hibah Penelitian Dosen Pemula dengan nomor kontrak 015/SP2H/RT-MONO/LL4/2024

DAFTAR PUSTAKA

- Al-husseiny, R. A., & Ebrahim, S. E. (2022). Effective Removal of Methylene Blue from Wastewater Using Magnetite/Geopolymer Composite: Synthesis, Characterization and Column Adsorption Study. *Inorganic Chemistry Communications*, 139, 109318. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109318>.

- Anisara, R., Wardhani, G. A. P. K., & Taufiq, A. (2024). Silica Gel from Bagasse Ash Mrthylene Blue Adsorption. *Jurnal Sains Natural*, 14(3).
- Bai, C., & Colombo, P. (2018). Processing, properties and applications of highly porous geopolymers: A review. 44(14), 16103–16118. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.05.219>.
- Candamano, S., Coppola, G., Mazza, A., Caicho Caranqui, J. I., Bhattacharyya, S., Chakraborty, S., Alexis, F., & Algieri, C. (2023). Batch and fixed bed adsorption of methylene blue onto foamed metakaolin-based geopolymer: A preliminary investigation. *Chemical Engineering Research and Design*, 197, 761–773. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.08.014>.
- Chandra, A., Miryanti, A., Widjaja, L., & Pramudita, A. (2012). Isolasi dan karakterisasi silika dari sekam padi. 12, *Lembaga Penelitian dan Pengabdioian kepada Masyarakat UNPAR*.
- Dzoujo, H. T., Shikuku, V. O., Tome, S., Akiri, S., Kengne, N. M., Abdpour, S., Janiak, C., Etoh, M. A., & Dina, D. (2022). Synthesis of pozzolan and sugarcane bagasse derived geopolymer-biochar composites for methylene blue sequestration from aqueous medium. *Journal of Environmental Management*, 318, 115533. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115533>.
- Feng, X., Yan, S., Jiang, S., Huang, K., Ren, X., Du, X., & Xing, P. (2022). Green Synthesis of the Metakaolin/slag Based Geopolymer for the Effective Removal of Methylene Blue and Pb (II). *Silicon*, 14(12), 6965–6979. <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01439-z>.
- Hermann, D. T., Tome, S., Shikuku, V. O., Tchuigwa, J. B., Spieß, A., Janiak, C., Etoh, M. A., & Joh Dina, D. D. (2022). Enhanced Performance of Hydrogen Peroxide Modified Pozzolan-Based Geopolymer for Abatement of Methylene Blue from Aqueous Medium. *Silicon*, 14(10), 5191–5206. <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01264-4>.
- Hertel, T., Novais, R. M., Alarcón, R. M., Labrincha, J. A., & Pontikes, Y. (2019). Use of modified bauxite residue-based porous inorganic polymer monoliths as adsorbents of methylene blue. 227. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.084>.
- Khan, M. I., Min, K., Azizi, K., Sufian, S., Ullah, H., & Man, Z. (2015). Effective removal of methylene blue from water using phosphoric acid based geopolymers: Synthesis, characterizations and adsorption studies. *RSC Adv*, 5, 61410–61420. <https://doi.org/10.1039/C5RA08255B>
- Law, D. (2014). Long Term Durability Properties of Class F Fly Ash Geopolymer Concrete. *Material and Structure*, 48, 721–731.
- Lertcumfu, N., Jaita, P., Thammarong, S., Lamkhao, S., Tandorn, S., Randorn, C., Tunkasiri, T., & Rujijanagul, G. (2020). Influence of graphene oxide additive on physical, microstructure, adsorption, and photocatalytic properties of calcined kaolinite-based geopolymer ceramic composites. *Colloid Surface A*, 602.
- Liu, Z., Deng, P., & Zhang, Z. (2022). Application of silica-rich biomass ash solid waste in geopolymer preparation: A review. *Construction and Building Materials*, 356, 129142. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129142>
- Luukkonen, T., Runti, H., Niskanen, M., Tolonen, E.-T., Sarkkinen, M., R€am€o, J., & Lassi, U. (2016). Simultaneous removal of Ni(II), As(III), and Sb(III) from spiked mine effluent with metakaolin and blast-furnace-slag geopolymers. *J. Environ. Manag.* 166, 579–588.
- Maknun, L., Nazriati, Farida, I., Kholila, N., & Muyas Syufa, R. B. (2018). Synthesis of Silica Xerogel based Bagasse Ash as a Methylene Blue Adsorbent on Textile Waste. *Journal of Physics: Conference Series*, 1093, 012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1093/1/012050>

- Novais, R. M., Carvalheiras, J., Tobaldi, D. M., Seabra, M. P., Pullar, R. C., & Labrincha, J. A. (2019). Synthesis of porous biomass fly ash-based geopolimer spheres for efficient removal of methylene blue from wastewaters. *Journal of Cleaner Production*, 207, 350–362. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.265>
- Padmapriya, M., Ramesh, S. T., & Biju, V. M. (2022). Synthesis of seawater based geopolimer: Characterization and adsorption capacity of methylene blue from wastewater. *Materials Today: Proceedings*, 51, 1770–1776. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.030>
- Ramos, B. T., Luiz Foletto, E., Luiz Dotto, G., & Luiz Jahn, S. rgio. (2018). Preparation of mesoporous geopolimer using metakaolin and rice husk ash as synthesis precursors and its use as potential adsorbent to remove organic dye from aqueous solutions. *Ceramics International*, 44(1), 416–423. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.09.193>
- Rožek, P., Król, M., & Mozgawa, W. (2020). Lightweight geopolimer-expanded glass composites for removal of methylene blue from aqueous solutions. *Ceramics International*, 46(12), 19785–19791. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.05.011>
- Sivalingam, S., Kella, T., Maharana, M., & Sen, S. (2019). Efficient sono-sorptive elimination of methylene blue by fly ash-derived nano-zeolite X: process optimization, isotherm and kinetic studies. *Journal of Cleaner Production*, 208, 1241–1254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.200>
- Tome, S., Etoh, M.-A., Etame, J., & Sanjay, K. (2018). Characterization and leachability behaviour of geopolimer cement synthesised from municipal solid waste incinerator fly ash and volcanic ash blends. *Recycling*, 3(4). <https://doi.org/10.3390/recycling3040050>
- Tome, S., Hermann, D. T., Victor, O. S., & Stephen, O. (2021). Synthesis, characterization and application of acid and alkaline activated volcanic ash-based geopolimers for adsorptive remotion of cationic and anionic dyes from water. *Ceramics International*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.04.097>
- Tuyan, M., Andiç-Çakir, Ö., & Ramyar, K. (2018). Effect of alkali activator concentration and curing condition on strength and microstructure of waste clay brick powder-based geopolimer. *Composites Part B: Engineering*, 135, 242–252. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.10.013>
- Wardhani, G. A. P. K., Nurlela, & Azizah, M. (2017). Silica Content and Structure from Corncob Ash with Various Acid Treatment (HCl, HBr, and Citric Acid). *Molekul*, 12(2), 174–181.
- Xiong, G., Cundy, A., & Guo, X. (2024). Utilization of corn cob ash (CCA) to prepare geopolimer grout: Reaction mechanism, crack repair effectiveness and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 476, 143741. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143741>
- Yan, S., Ren, X., Zhang, F., Huang, K., Feng, X., & Xing, P. (2022). Comparative study of Pb²⁺, Ni²⁺, and methylene blue adsorption on spherical waste solid-based geopolimer adsorbents enhanced with carbon nanotubes. *Separation and Purification Technology*, 284, 120234. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.120234>
- Yu, Z., W, S., J, L., & Q, L. (2020). Improved simultaneous adsorption of Cu(II) and Cr(VI) of organic modified metakaolin-based geopolimer. *Arab J.Chem*, 13(3), 4811–4823.