

ADSORPSI BIRU METILENA PADA KOMPOSIT SEMEN/ZEOLIT ALAM

MUHAMMAD YUSUF MAULANA



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Adsorpsi Biru Metilena pada Komposit Semen/Zeolit Alam” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2025

Muhammad Yusuf Maulana
G4401211063

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

MUHAMMAD YUSUF MAULANA. Adsorpsi Biru Metilena pada Komposit Semen/Zeolit Alam. Dibimbing oleh ZAENAL ABIDIN dan SRI SUGIARTI.

Tingginya produksi limbah zat pewarna biru metilena dapat merusak lingkungan dan mengganggu kesehatan. Penggunaan zeolit alam sebagai adsorben memiliki keterbatasan dalam pengaplikasiannya dalam sistem kolom dan dispersinya pada suatu media padat. Komposit zeolit alam berbasis semen sebagai perekat menjadi alternatif. Pada penelitian ini, dibuat komposit semen/zeolit alam sebagai adsorben penjerap zat warna biru metilena dengan menggunakan campuran zeolit alam asal Nanggung dan semen pozzolan Portland (PPC) sebagai perekat. Spektrum difraksi sinar-X memperlihatkan zeolit Nanggung didominasi oleh fase klinoptilolit dan sebagian mordenit dan kuarsa. Morfologi partikel dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik. Kapasitas adsorpsi maksimum komposit semen/zeolit alam (1:1) dan semen/zeolit alam teraktivasi (1:1) masing-masing adalah 54,348 mg/g dan 98,039 mg/g. Adsorpsi biru metilena pada komposit mengikuti model isoterm Freundlich. Komposit semen/zeolit alam memiliki beragam potensi dalam bidang lingkungan.

Kata kunci: adsorpsi, biru metilena, komposit, semen

ABSTRACT

MUHAMMAD YUSUF MAULANA. Methylene Blue Adsorption on Composites of Cement and Natural Zeolite. Supervised by ZAENAL ABIDIN and SRI SUGIARTI.

The significant output of methylene blue dye waste might harm the environment and pose health risks. Natural zeolite's use as an adsorbent has limitations in terms of column system use and solid medium dispersion. Cement-based natural zeolite composites as adhesives could be an option. In this study, a cement/natural zeolite composite was created as an adsorbent by combining natural zeolite from Nanggung with Portland pozzolan cement (PPC) as an adhesive. X-ray diffraction examination revealed that the Nanggung zeolite is primarily composed of clinoptilolite, with minor amounts of mordenite and quartz. The particle morphology was characterized by using an optical microscope. The cement/natural zeolite composite (1:1) and cement/activated natural zeolite (1:1) had maximal adsorption capacities of 54.348 and 98.039 mg/g, respectively. Methylene blue adsorption on the composite was consistent with the Freundlich isotherm model. Cement/natural zeolite composites have a wide range of possible environmental applications.

Keywords: adsorption, cement, composite, methylene blue



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ADSORPSI BIRU METILENA PADA KOMPOSIT SEMEN/ZEOLIT ALAM

MUHAMMAD YUSUF MAULANA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Kimia

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini Pradono, M.Sc.Agr
2. Dr. Drs. Muhammad Farid, M.Si.
3. Dr. Zulhan Arif, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Adsorpsi Biru Metilena pada Komposit Semen/Zeolit Alam

Nama : Muhammad Yusuf Maulana

NIM : G4401211063

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Zaenal Abidin, S.Si., M.Agr.

Pembimbing 2:

Sri Sugiarti, S.Si., Ph.D.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Kimia:

Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini Pradono, M.Sc.Agr.

NIP 1967070301991032001



Tanggal Ujian: 17 Juli 2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2025 sampai bulan Juni 2025 ini ialah pengembangan material di bidang lingkungan, dengan judul “Adsorpsi Biru Metilena pada Komposit Semen/Zeolit Alam”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr.Zaenal Abidin, S.Si., M.Agr. dan Sri Sugiarti, S.Si., Ph.D. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Tak lupa kepada rekan saya Klara Estriannisa, Reza Amandha Wulandari, Baheta, Vanya Nirmala, Ziyen Tirta Maulitia, Muhammad Riyanto, Hamlan Hanifan, Guntur Pangestu, Rifqi Aulia, Boy Saputra, dan Robby Maskur yang telah memberi bantuan serta berdiskusi dalam pengumpulan data dan penulisan karya ilmiah ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Muhammad Yusuf Maulana



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II METODE	3
2.1 Waktu dan Tempat	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.3 Prosedur Kerja	3
2.3.1 Pembuatan Komposit Semen/Zeolit Alam	3
2.3.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Kurva Kalibrasi Biru Metilena	4
2.3.3 Adsorpsi Biru Metilena	4
2.3.4 Pencirian Komposit Semen/Zeolit Alam	4
2.3.5 Analisis Data	4
III HASIL DAN PEMBAHASAN	5
3.1 Difraktogram XRD Zeolit Nanggung	5
3.2 Morfologi Komposit Semen/Zeolit Alam	Error! Bookmark not defined.
3.3 Pembentukan Komposit Semen/Zeolit Alam	Error! Bookmark not defined.
3.4 Adsorpsi Biru Metilena	Error! Bookmark not defined.
3.5 Isoterm Adsorpsi	Error! Bookmark not defined.
3.6 Potensi Penerapan Komposit Semen/Zeolit Alam	Error! Bookmark not defined.
IV SIMPULAN DAN SARAN	6
4.1 Simpulan	6
4.2 Saran	6
DAFTAR PUSTAKA	7
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

2.1 Nisbah sampel	3
3.1 Sudut difraksi zeolit Nanggung fase klinoptilolit, mordenit, dan kuarsa	
Error! Bookmark not defined.	
3.2 Nilai pH komposit semen/zeolit alam	Error! Bookmark not defined.
3.3 Nilai linearitas isoterm adsorpsi biru metilena pada komposit semen/zeolit alam	Error! Bookmark not defined.
3.4 Nilai Q_{maks} dan K_L dari persamaan regresi isoterm Langmuir	Error! Bookmark not defined.
3.5 Nilai $1/n$ dan K_f dari persamaan regresi Freundlich	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

3.1 Difraktogram XRD zeolit alam Nanggung	Error! Bookmark not defined.
3.2 Ilustrasi komposit semen/zeolit alam dengan nisbah semen < zeolit alam dan semen > zeolit alam	Error! Bookmark not defined.
3.3 Hasil perendaman zeolit alam, komposit semen/zeolit 1:2, 1:1, dan 2:1 menggunakan zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi	Error! Bookmark not defined.
3.4 Morfologi semen, zeolit alam, dan zeolit alam teraktivasi pada mikroskop optik perbesaran 40x.	Error! Bookmark not defined.
3.5 Morfologi komposit semen/zeolit alam (1:1), (1:2), dan (2:1) pada mikroskop optik perbesaran 40x	Error! Bookmark not defined.
3.6 Morfologi komposit semen/zeolit alam teraktivasi (1:1), (1:2), dan (2:1) pada mikroskop optik perbesaran 40x	Error! Bookmark not defined.
3.7 Struktur kalsium silikat hidrat	Error! Bookmark not defined.
3.8 Ilustrasi proses hidrasi komposit semen/zeolit alam	Error! Bookmark not defined.
3.9 Struktur resonansi biru metilena	Error! Bookmark not defined.
3.10 Struktur klinoptilolit	Error! Bookmark not defined.
3.11 Mekanisme adsorpsi biru metilena pada zeolit	Error! Bookmark not defined.
3.12 Ilustrasi adsorpsi biru metilena pada komposit	Error! Bookmark not defined.

- 3.13 Grafik kapasitas adsorpsi komposit semen/zeolit alam tanpa aktivasi **Error! Bookmark not defined.**
- 3.14 Grafik kapasitas adsorpsi komposit semen/zeolit alam teraktivasi **Error! Bookmark not defined.**
- 3.15 Proses aktivasi zeolit menggunakan basa **Error! Bookmark not defined.**
- 3.16 Ilustrasi adsorpsi zat warna mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

- 1 Bagan alir penelitian **Error! Bookmark not defined.**
- 2 Panjang gelombang maksimum serapan biru metilena **Error! Bookmark not defined.**
- 3 Konsentrasi dan absorbans larutan biru metilen pada kurva standar **Error! Bookmark not defined.**
- 4 Penentuan kapasitas adsorpsi biru metilena **Error! Bookmark not defined.**
- 5 Isoterm adsorpsi biru metilena **Error! Bookmark not defined.**





- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan pewarna sintetik lebih diminati daripada pewarna alami di dalam industri tekstil. Pewarna sintetik memiliki beberapa keunggulan seperti warna yang stabil, cakupan warna yang luas, harganya yang terjangkau, mudah didapat, dan tahan terhadap proses pencucian maupun paparan cahaya. Pertumbuhan aktivitas industri tekstil di Indonesia mendorong peningkatan produksi zat pewarna sintetik. Hal ini juga mengakibatkan peningkatan produksi limbah zat pewarna. Beberapa zat pewarna sintetik yang biasa digunakan dalam industri tekstil diantaranya kristal violet, rhodamin B, dan biru metilena. Biru metilena ($C_{16}H_{18}N_3SCl$) merupakan salah satu jenis pewarna sintetik yang banyak diaplikasikan sebagai pewarna kertas, serat, dan kayu (Ahmad *et al.* 2020). Biru metilena memiliki dampak buruk karena sifatnya yang toksik, karsinogenik, dan sukar didegradasi oleh mikroorganisme (Lellis *et al.* 2019). Paparan terhadap manusia dapat menyebabkan iritasi kulit, alergi, muntah, dan diare. Selain itu, keberadaan biru metilena dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke perairan, sehingga mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis tumbuhan di perairan. Hal ini mengakibatkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam perairan, sehingga dapat mengganggu ekosistem perairan (Hatimah *et al.* 2022).

Beragam metode yang telah dilakukan untuk mengelola limbah biru metilena seperti elektrokoagulasi (Saputra *et al.* 2022), fotokatalisis (Hikmah dan Wahyuni 2023), dan adsorpsi (Hatimah *et al.* 2022). Diantara metode-metode tersebut, adsorpsi memiliki keunggulan yakni penggunaannya yang praktis, ekonomis, dan aplikasinya yang luas. Zeolit alam menjadi salah satu adsorben yang potensial, mengingat Indonesia yang memiliki cadangan batuan melimpah. Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan zeolit alam Ende (Ngapa dan Ika 2020) dan zeolit alam teraktivasi (Kharabsheh dan Bdour 2025) sebagai agen penjerap zat warna biru metilena. Zeolit memiliki struktur berpori, luas permukaan besar, dan kemampuan tukar kation yang baik. Zeolit memiliki muatan negatif pada permukaannya sehingga efektif untuk menjerap pewarna kationik seperti biru metilena.

Meskipun zeolit memiliki beragam keunggulan, penggunaan zeolit dalam bentuk serbuk memiliki keterbatasan. Serbuk zeolit tidak cocok untuk sistem kolom karena dapat menghambat laju alir dan tidak memiliki sifat merekat sehingga sulit didispersikan pada suatu media padat. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan mengembangkan komposit zeolit dengan bahan perekat. Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan pembuatan komposit zeolit dengan bahan perekat seperti tepung tapioka dan polivinil alkohol (Takwanto *et al.* 2023). Penggunaan perekat alami seperti tapioka cenderung mudah terdegradasi, sedangkan polivinil alkohol memiliki stabilitas termal yang rendah. Semen berpotensi sebagai alternatif agen perekat pada komposit. Proses hidrasi semen menghasilkan struktur senyawa berbasis silikon yang memiliki kemampuan mengikat dan stabilitas fisik maupun termal yang baik. Selain itu, reaksi pozzolanik antara semen dan zeolit juga dapat meningkatkan stabilitas fisik komposit (Marchon dan Flatt 2016). Dalam penelitian ini digunakan zeolit alam asal Nanggung dan *Portland pozzolan cement* (PPC) dalam pembuatan komposit semen/zeolit alam.

1.2 Rumusan Masalah

Tingginya produksi limbah zat pewarna biru metilena dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan dan gangguan kesehatan. Zeolit alam berpotensi sebagai adsorben penjerap zat warna. Penggunaan zeolit alam sebagai adsorben memiliki keterbatasan dalam pengaplikasiannya dalam sistem kolom maupun dispersinya pada suatu media padat. Semen berpotensi sebagai alternatif agen perekat pada komposit karena stabilitas fisik dan termalnya. Hal ini mendorong pengembangan komposit zeolit alam berbasis semen sebagai perekat.

1.3 Tujuan

Penelitian bertujuan membuat komposit semen/zeolit alam dan menentukan kemampuan adsorpsinya terhadap biru metilena.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sumber informasi untuk mengetahui proses pembuatan komposit semen/zeolit alam untuk digunakan sebagai adsorben penjerap zat pewarna.

II METODE

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada Februari 2025 hingga Juni 2025 di Laboratorium Kimia Anorganik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB dan Laboratorium Instrumen 2, Departemen Teknik Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

2.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu oven, neraca analitik, mikropipet (Nichipete EX II), labu ukur 25 mL, labu ukur 50 mL, labu ukur 100 mL, sudip, botol vial, mikroskop optik (Olympus CX43), spektrofotometer UV-Vis (BK-UV1000), XRD (Bruker D8 Advance), dan komputer yang telah dilengkapi perangkat lunak Microsoft Excel, ImageJ, dan OriginPro. Bahan-bahan yang digunakan yaitu akuades, biru metilena, semen (Rajawali), zeolit alam (Nanggung, Kab. Bogor), NaOH, tisu, wadah plastik, dan alumunium *foil*.

2.3 Prosedur Kerja

Penelitian ini dilakukan dalam lima tahap, meliputi pembuatan komposit semen/zeolit alam, penentuan panjang gelombang maksimum dan kurva kalibrasi, adsorpsi biru metilena, serta pencirian komposit semen/zeolit alam (Lampiran 1).

2.3.1 Pembuatan Komposit Semen/Zeolit Alam

Komposit dibuat dengan mencampurkan semen dan zeolit dengan nisbah 1:2, 1:1, dan 2:1 yang dilarutkan dalam 50 g akuades (Tabel 2.1). Sampel diaduk dan didiamkan hingga mengeras selama 5 hari. Diukur nilai pH nya. Kemudian, supernatan dibuang dan sampel dicuci sebanyak 5×20 mL. Diukur nilai pH pencucian terakhir. Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 110 °C selama 2 jam. Kemudian, sampel digerus dan diayak menggunakan ayakan berukuran 20 mesh.

Tabel 2.1 Nisbah sampel

Sampel	Bobot semen (g)	Bobot zeolit (g)
Semen	25	-
Zeolit alam	25	-
Zeolit alam teraktivasi	25	-
Komposit semen/zeolit alam (1:1)	12,5	12,5
Komposit semen/zeolit alam (1:2)	16,5	8,5
Komposit semen/zeolit alam (2:1)	8,5	16,5
Komposit semen/zeolit alam teraktivasi (1:1)	12,5	12,5
Komposit semen/zeolit alam teraktivasi (1:2)	16,5	8,5
Komposit semen/zeolit alam teraktivasi (2:1)	8,5	16,5

2.3.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Kurva Kalibrasi Biru Metilena

Larutan biru metilena (MB) 4 ppm diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400–700 nm. Panjang gelombang maksimum ditentukan oleh nilai absorbansi maksimum pada panjang gelombang tertentu (Lampiran 2). Selanjutnya, panjang gelombang maksimum digunakan untuk mengukur larutan MB standar dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4, 5 mg/l. Selanjutnya, dibuat grafik kurva kalibrasi antara konsentrasi standar MB dan nilai absorbansi yang terukur (Lampiran 3).

2.3.3 Adsorpsi Biru Metilena

Adsorpsi biru metilena dilakukan dengan menggunakan sampel dengan stabilitas fisik yang baik. Sebanyak 10 mL larutan biru metilena (MB) dengan konsentrasi 50, 100, 100, 300, 600, dan 900 mg/l dimasukkan ke dalam masing-masing wadah plastik yang berisi 50 mg sampel. Setiap sampel diaduk selama 1,5 jam. Didiamkan dalam ruangan minim cahaya selama 12 jam. Supernatan yang diperoleh diencerkan hingga warna MB mendekati larutan MB 1–5 mg/l. Selanjutnya, supernatan dari setiap sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Ditentukan kapasitas adsorpsi masing-masing adsorben.

$$Q_e = (C_o - C_e) \times \frac{\left(\frac{V}{1000}\right)}{m}$$

Keterangan:

Q_e = Kapasitas adsorpsi saat kesetimbangan (mg/g)
 C_o = Konsentrasi aktual awal (mg/l)
 V = Volume larutan (mL)
 m = Bobot adsorben (g)

2.3.4 Pencirian Komposit Semen/Zeolit Alam

Dilakukan pencirian zeolit alam Nanggung menggunakan XRD (Bruker D8 Advance) untuk mengetahui fase kristalinitasnya. Kisaran sudut difraksi (2θ) yang diterapkan sebesar 3–60°. Pola difraksi yang diperoleh dibandingkan dengan pola difraksi rujukan yang berasal dari International Centre for Diffraction Data (ICDD). Dilakukan pencirian morfologi partikel menggunakan mikroskop optik (Olympus CX43). Sebanyak 10 mg sampel dilarutkan dalam 0,5 mL akuades. Sampel diambil sedikit, lalu didispersikan di kaca preparat. Sampel dikeringudarkan, lalu diamati pada perbesaran 40x.

2.3.5 Analisis Data

Data analisis UV-Vis diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk menentukan kapasitas adsorpsi dan model isoterm adsorpsinya. Ukuran partikel sampel ditentukan menggunakan perangkat lunak ImageJ. Nilai kapasitas adsorpsi digambarkan dalam bentuk grafik menggunakan perangkat lunak OriginPro.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Difraktogram XRD Zeolit Nanggung

Difraktogram menunjukkan bahwa zeolit Nanggung didominasi oleh fase klinoptilolit. Terdapat beberapa fase lain seperti mordenit dan kuarsa (Gambar 3.1). Hal ini dibuktikan oleh kesamaan puncak yang mengacu pada ICDD 00-013-0304 (klinoptilolit), ICDD 01-073-1490 (mordenit), dan ICDD 01-085-0797 (kuarsa) (Tabel 3.1). (Ezzat dan Moustafa 2021) juga mendapatkan puncak-puncak yang sama pada zeolit alam Mesir yang berjenis klinoptilolit. Hal ini sejalan dengan penelitian (Husaini dan Soenara 2003) yang menyatakan bahwa zeolit alam yang berasal dari daerah Bayah, Nanggung, Sukabumi, dan Lampung merupakan zeolit alam fase klinoptilolit dan mordenit.

IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Komposit semen/zeolit alam berhasil dibuat dan digunakan sebagai adsorben penjerap biru metilena. Komposit tidak menunjukkan kemampuan adsorpsi yang lebih unggul daripada zeolit alam. Komposit menunjukkan stabilitas fisik yang lebih baik daripada zeolit alam. Adsorpsi biru metilena pada komposit semen/zeolit alam mengikuti model isoterm adsorpsi Freundlich. Komposit dengan nisbah semen/zeolit alam (1:1) teraktivasi maupun tanpa aktivasi memiliki stabilitas fisik dan kemampuan adsorpsi terbaik. Nilai $1/n < 1$ menunjukkan bahwa adsorpsi berjalan secara efisien dan spontan.

4.2 Saran

Perlu dilakukan optimasi konsentrasi biru metilena, bobot adsorben, pH, dan waktu penjerapan sehingga diperoleh kemampuan adsorpsi biru metilena yang lebih baik. Dilakukan pengamatan kinetika kimia dan kemampuan adsorpsinya setelah regenerasi. Perlu dilakukan juga percobaan dengan nisbah semen/zeolit alam yang lebih kecil atau pengembangan metode pembuatan komposit guna mendapatkan kemampuan adsorpsi dan stabilitas fisik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad A, Khan N, Giri BS, Chowdhary P, Chaturvedi P. 2020. Removal of methylene blue dye using rice husk, cow dung and sludge biochar: characterization, application, and kinetic studies. *Bioresource Technology*. doi:10.1016/j.biortech.2020.123202.
- Carlsson H, Aspergen H, Lee N, Hilmer A. 1997. Calcium phosphate precipitation in biological phosphorus removal systems. *Water Research*. 31(5): 1047-1055. doi: 10.1016/S0043-1354(96)00282-5.
- Davarpanah E, Armandi M, Hernández S, Fino D, Arletti R, Bensaid S, Piumetti M. 2020. CO₂ capture on natural zeolite clinoptilolite: Effect of temperature and role of the adsorption sites. *Journal of Environmental Management*. 275: 1-10. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111229.
- Eduardo DR, Bonnaud PA, Manzano H. 2022. A comprehensive review of C-S-H empirical and computational models, their applications, and practical aspects. *Cement and Concrete Research*. 156. doi:10.1016/j.cemconres.2022.106784.
- Ezzat SM, Moustafa MT. 2021. Treating wastewater under zero waste principle using wetland mesocosms. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 15(4): 1-14. doi: 10.1007/s11783-020-1351-9.
- Ge JC, Yoon SK, Choi NJ. 2018. Application of fly ash as an adsorbent for removal of air and water pollutants. *Applied Sciences*. 8(7): 1-24. doi: 10.3390/app8071116.
- Hatimah H, Indah DR, Wardani IK. 2022. Efisiensi adsorpsi metilen biru menggunakan karbon aktif teraktivasi. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*. 10(2): 236-245. ISSN: 2656-3061.
- Hikmah M, Wahyuni N. 2023. Sintesis fotokatalis TiO₂ untuk degradasi zat warna sintetis metilen biru dengan bantuan sinar tampak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 11(3):878. doi:10.26418/jtlb.v11i3.70903.
- Hongo T, Moriura M, Hatada Y, Abiko H. Simultaneous methylene blue adsorption and pH neutralization of contaminated water by rice husk ash. *ACS Omega*. 6: 21604–21612. doi: 10.1021/acsomega.1c02833.
- Husaini, Soenara T. 2003. Modifikasi zeolit alam asal Cikalong Jawa Barat dengan hexadecil trimetil ammonia dan uji daya serapnya terhadap ion sulfat dan kromat. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 2(1): 15-23. ISSN:1411-6723.
- Isharyanti, Sriatun, Azmiyawati C. 2024. Adsorpsi ion Cr (III) menggunakan zeolit alam termodifikasi dietanolamin. *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*. 4(1): 8-13. doi: 10.14710/gjec.2024.22833.
- Kang S, Lee J, Park SM, Alessi DS, Baek K. 2020. Adsorption characteristics of cesium onto calcium-silicate-hydrate in concrete powder and block. *Chemosphere*. 259:127494. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.127494.
- Kharabsheh RM, Bdour A. 2025. The harnessing of natural zeolite for adsorption of methylene blue active substances from carwash wastewater: A kinetic and isotherm study. *Journal of Ecological Engineering*. 26(1):186–195. doi: 10.12911/22998993/195573.
- Li N, Bi Y, Xia X, Chen H, Hu J. 2017. Hydrodeoxygenation of methyl laurate over Ni catalysts supported on hierarchical HZSM-5 zeolite. *Catalysts*. 7(12): 383 . doi: 10.3390/catal7120383

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Marchon D, Flatt RJ. 2016. *Science and Technology of Concrete Admixtures*. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Meziani M, Amari M, Baloul M, Chelouah N. 2021. Study of chemical and thermal activations of zeolite-lime blend. *Ceramica*. 67(384):427–433. doi:10.1590/0366-69132021673843138.
- Ngapa YD, Ika YE. 2020. Potensi zeolit alam ende sebagai media adsorben kompetitif pewarna biru metilena dan metil oranye. *Cakra Kimia*. 8(2):105–113. ISSN: 2302-7274.
- Rosida, Abidin Z, Sugiarti S. 2024. Sintesis komposit granul geopolimer-zeolit dari bahan baku lokal menggunakan metode hidrotermal sebagai adsorben metilen biru. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 26(1): 29-39. doi: 10.29244/jitl.26.1.29-39.
- Saputra A, Tiandho Y, Afriani F. 2022. Studi kinetika pada proses elektrokoagulasi zat warna metilen biru. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*. 3(1):1–11. doi: 10.33019/jrfi.v3i1.3230.
- Science W, Turp SM. 2020. Enhanced adsorption of methylene blue from textile wastewater by using natural and artificial zeolite. *Water and Science Technology*. 82 (3): 513–523. doi: 10.2166/wst.2020.358.
- Sianturi MO. 2022. Tinjauan kekuatan paving block berpori menggunakan material zeolit sebagai substitusi semen [skripsi]. Medan: Universitas Negeri Medan.
- Sutar S, Jadhav J. 2025. Theory of pore conflation and Shubhdyot's equation in the treatment of brilliant green dye-contaminated water using jamun leaves biochar. *Biochar*. 7(11): 1-28. doi: 10.1007/s42773-024-00406-2.
- Takwanto A, Yanty Maryanty, Anugrah Windy Mustikarini, Dina Wulan Sari, Rizki Kurnia Juliansyah. 2023. Komposit zeolit-polivinil alkohol sebagai adsorben untuk menurunkan kesadahan air tanah. *Jurnal Riset Kimia*. 14(2):131–144. doi: 10.25077/jrk.v14i2.597.
- Wolo D, Ngapa YD, Carvallo L. 2019. Potensi zeolit alam ende sebagai bahan aditif semen untuk meningkatkan kuat tekan beton. *Jurnal Dinamika Sains*. 3(1):34–41. ISSN 2549-4929.
- Xia Y, Yao Q, Zhang W, Zhang Y, Zhao M. 2019. Comparative adsorption of methylene blue by magnetic baker's yeast and EDTAD-modified magnetic baker's yeast: Equilibrium and kinetic study. *Arabian Journal of Chemistry*. 12(8): 2448-2456. doi: 10.1016/j.arabjc.2015.03.010
- Yoang ES. 2015. Pemanfaatan zeolit alam sebagai adsorben emisi gas buang kendaraan bermotor [skripsi]. Malang: Universitas Brawijaya.
- Zheng D, Monasterio M, Feng W, Tang W, Cui H, Dong Z. 2021. Hydration characteristics of tricalcium aluminate in the presence of nano-silica. *Nanomaterials*. 11(1):1–11. doi:10.3390/nano11010199.