



## Pengaruh Penambahan Dolomit Terhadap Performa *Fly Ash* Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Adsorpsi *Methylene Blue*

Elda Pelita<sup>a</sup>, Rita Youfa<sup>b</sup>, Desniorita<sup>b</sup>, Anang Baharuddin Sahaq<sup>b</sup>, Miftahurrahmah<sup>\*c</sup>, Resi Levi Permadani<sup>c</sup>, dan Jerry<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Kimia Analisis Politeknik ATI Padang

<sup>b</sup> Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan Politeknik ATI Padang

<sup>c</sup> Teknik Kimia Bahan Nabati Politeknik ATI Padang

<sup>d</sup> Politeknik Industri Petrokimia Banten

\*corresponding author: [miftahurrahmah@kemenperin.go.id](mailto:miftahurrahmah@kemenperin.go.id)

DOI : 10.20885/ijca.vol6.iss1.art7

### ARTIKEL INFO

Diterima : 02 Februari 2023

Direvisi : 09 Maret 2023

Diterbitkan : 25 Maret 2023

Kata kunci : Adsorbent, Adsorpsi, *Fly ash*, Dolomit, *Methylene blue*

### ABSTRAK

Pemanfaatan limbah *fly ash* (FA) pabrik kelapa sawit sebagai *low cost* adsorbent menjadi salah satu solusi dalam penanganan limbah FA. Pada penelitian ini dilakukan penambahan dolomit yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja adsorbent. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan komposisi adsorbent FA-dolomit dan kondisi operasi terbaik dalam menyerap zat warna *methylene blue*. Beberapa parameter diidentifikasi untuk optimasi proses penyerapan seperti jumlah dolomit, laju alir *methylene blue*, tinggi *bed* dan jumlah *tray*. FA-dolomit diubah menjadi nano-adsorbent dengan metode sol-gel yang *dicoating* pada permukaan zeolit. Nano-adsorbent kemudian dikarakterisasi sifat fisika dan kimianya menggunakan XRF, FTIR, XRD dan SEM serta pengujian daya serap menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Hasil karakterisasi XRF, pada FA memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> tertinggi sebesar 58,15% sedangkan dolomit mengandung CaO sebesar 52,72%. Dari hasil karakterisasi FTIR adsorbent FA-dolomit, terdeteksi gugus Si-O-Si, Si-O-Al, Ca-O dan Si-O. Hasil karakterisasi XRD diperoleh ukuran kristalin rata-rata adsorbent FA-dolomit 2% sebesar 28,56 nm dan hasil karakterisasi SEM menunjukkan pori pada permukaan adsorbent terlihat lebih halus. Efisiensi penyerapan tertinggi yaitu 97,364% diperoleh pada adsorbent FA-dolomit 2% dan efisiensi terendah yaitu 13,156% diperoleh pada adsorbent FA-dolomit 8% dengan laju alir 500 ml/jam, tinggi adsorbent 9 cm dan 3 *tray*. Semakin banyak jumlah dolomit yang ditambahkan, efisiensi penyerapan semakin menurun.

### ARTICLE INFO

Received : 02 February 2023

Revised : 09 March 2023

Published : 25 March 2023

Keywords : Adsorbent, Adsorption, *Fly ash*, Dolomite, *Methylene blue*

### ABSTRACT

The use of palm oil mill fly ash (FA) as a low-cost adsorbent is one of the solutions for handling FA waste. In this study, the addition of dolomite is expected to improve the adsorbent performance. The aim of this study was to investigate the optimum FA-dolomite adsorbent *t* composition and operating conditions for methylene blue adsorption. Different parameters were studied to optimize adsorption process such as the amount of dolomite, methylene blue



---

*flow rate, bed height and number of trays. FA-dolomite was converted into nano-adsorbent by sol-gel method which was coated on zeolite surface. Nano-adsorbents were characterized by XRF, FTIR, XRD and SEM. The adsorption capacity was tested by Spectrophotometer UV-Vis. XRF characterization showed that FA had the highest SiO<sub>2</sub> content of 58.15%, while dolomite contained CaO of 52.72%. FTIR characterization detected the groups of Si-O-Si, Si-O-Al, Ca-O and Si-O. XRD characterization showed the average crystalline size of FA-dolomite 2% adsorbent was 28.56 nm and SEM characterization showed fine pores on the adsorbent surface. The highest adsorption efficiency obtained at FA-dolomite 2% was 97.364% and the lowest obtained at FA-dolomite 8% was 13.16% with a flow rate of 500 ml/h, adsorbent height of 9 cm and 3 trays. The greater the amount of dolomite added, the absorption efficiency decreases.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu limbah padat dari pabrik pengolahan kelapa sawit adalah *fly ash* (FA). Limbah ini merupakan sisa pembakaran cangkang sawit pada unit boiler dan dihasilkan mencapai ±100kg per minggunya [1]. Ketika pabrik beroperasi normal maka akan terus terjadi penumpukan jika tidak dilakukan penanganan limbah yang baik. Penumpukan limbah dapat dikurangi dengan memanfaatkan limbah FA sebagai adsorben sehingga memberikan nilai tambah. Beberapa penelitian telah melaporkan FA pabrik kelapa sawit memiliki kemampuan penyerapan yang baik sebagai adsorben dalam menyerap polutan zat warna [1-5], logam [6-8] dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) [9,10]. FA mengandung silika (SiO<sub>2</sub>) dan aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang tinggi. Kandungan dari kedua senyawa tersebut merupakan komponen penting sebagai adsorben. Limbah FA pabrik kelapa sawit dapat menjadi *low cost adsorbent* karena ketersediaannya yang cukup melimpah, mudah didapat dan harga yang murah [1].

Metode adsorpsi memiliki keunggulan karena lebih ekonomis, operasi yang lebih sederhana, mampu memisahkan bahan organik dan tidak menimbulkan efek samping yang beracun [1,9,11]. Selain itu, pemanfaatan limbah sebagai bahan baku adsorben dapat menekan biaya produksi dari adsorben sendiri. Pengembangan terus dilakukan untuk mendapatkan adsorben dengan kapasitas adsorpsi yang tinggi, ketersediaan bahan yang melimpah serta memiliki harga yang terjangkau [12,13]. Salah satu bahan alam yang ketersediaannya cukup melimpah dan berpotensi dijadikan sebagai bahan adsorben adalah dolomit. Dolomit memiliki sifat yang mirip dengan batu kapur, terkadang juga dikenal sebagai magnesium-batu kapur di industri. Struktur kristalnya terdiri dari lapisan magnesium dan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) sehingga dianggap sebagai sumber MgO dan ion Mg, terutama untuk aplikasi pertanian dan farmasi. Dalam beberapa tahun terakhir, dolomit cukup mendapat perhatian pada beberapa penelitian terkait penggunaannya sebagai adsorben untuk pengolahan air karena kemampuannya dalam menyerap senyawa beracun [13,14].

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi adsorben FA dan dolomit. Penambahan dolomit dapat meningkatkan kandungan Mg pada adsorben FA sehingga meningkatkan kapasitas penyerapan adsorben. Pada beberapa penelitian MgO telah digunakan untuk menghilangkan zat warna, logam, fenol, florida dan formaldehid dari air limbah [15]. Selain itu, *methylene blue* (MB) digunakan sebagai senyawa model dari limbah zat warna untuk mengevaluasi kapasitas penyerapan adsorben FA-dolomit. MB adalah salah satu zat warna *thiazine* yang paling sering digunakan pada industri tekstil, sutra dan wool karena harganya yang ekonomis dan mudah diperoleh. Zat warna MB bersifat karsinogenik, mutagenik dan sulit terurai di perairan. Akibat besarnya dampak yang ditimbulkan tersebut, maka diperlukan upaya untuk mengurangi dampak pencemaran yang terjadi [16,17]. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variasi penambahan jumlah dolomit pada adsorben FA terhadap efisiensi penyerapan. Adsorben FA-dolomit diubah menjadi ukuran nano dengan metode sol-gel menggunakan pelarut *aquadest* [18]. Perubahan menjadi ukuran nano dapat

meningkatkan luas permukaan dan daya serap adsorben. Metode sol-gel dipilih karena kebutuhan suhu dan energi untuk pemrosesan yang rendah sehingga lebih ekonomis [19].

## 2. METODE

### 2.1 Bahan

FA yang digunakan pada penelitian diperoleh dari Pabrik Kelapa Sawit PT Mutiara Agam, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Sedangkan dolomit diperoleh dari daerah Kamang, Sumatera Barat. Zeolit alam digunakan sebagai penyangga adsorben dengan ukuran  $\pm 5$  mm. *Methylene blue* ( $C_{16}H_{18}N_3ClS$ ) dengan berat molekul 373,91 g/mol yang digunakan adalah bahan kimia P.A (Merck). Selain itu juga digunakan aquades (Novalindo).

### 2.2 Pembuatan Adsorben dengan Metode Sol-Gel

Sebelum digunakan, FA dari pabrik diayak untuk memisahkan pengotor dan menyeragamkan ukuran FA. Pembuatan adsorben dilakukan dengan metode sol-gel [20]. Bahan yang diperlukan adalah FA, dolomit dan air. Proses pembuatan adsorben FA dicampur dengan sejumlah dolomit dan air. Lalu diaduk selama 20 menit dengan mixer. Setelah itu dilakukan proses *coating* pada zeolit. Proses *coating* pada zeolit bertujuan agar adsorben yang dihasilkan berbentuk granular. Hasil *coating* dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi dalam *furnace* pada suhu 900°C selama 4 jam.

### 2.3 Uji Adsorpsi dengan Larutan *Methylene Blue*

Pengujian daya serap adsorben dilakukan penyerapan pada kolom adsorpsi. Diameter kolom 5 cm dan konsentrasi larutan MB yang digunakan sebesar 25 ppm. Operasi penyerapan dilakukan dengan mengalirkan larutan MB secara kontinu dengan memvariasikan laju alir, tinggi adsorben dalam kolom dan jumlah *tray*. Pengambilan sampel larutan hasil adsorpsi yaitu sebanyak 30 ml. Efisiensi penyerapan dihitung menggunakan persamaan 1 [21]

$$\eta = (C_{MB,0} - C_{MB})/C_{MB,0} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana  $\eta$  adalah persentase adsorpsi,  $C_{MB,0}$  adalah konsentrasi MB sebelum adsorpsi, dan  $C_{MB}$  adalah konsentrasi MB setelah adsorpsi.

### 2.4 Analisis dan Karakterisasi

Bahan baku FA dan dolomit dikarakterisasi menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) PANalytical Epsilon 3 untuk mengetahui komposisi kimia dalam bahan baku. Selain itu, untuk mengetahui morfologi adsorben dikarakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada perbesaran > 500 kali. Struktur kimia adsorben sebelum dan sesudah digunakan adsorpsi dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) PerkinElmer dan XRD (*X-Ray Diffraction*) PANalytical dengan anoda Cu pada kondisi operasi radiasi  $K\alpha-Co$  ( $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ ) 40 kV dan 30 mA. Sampel di *scan* pada rentang ( $2\theta$ ) 10°-99°. Analisa cairan adsorbat dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV 1800 dengan mengukur absorbansi pada  $\lambda_{max}$  yaitu 612 nm. Kurva kalibrasi dibuat pada range 5-25 ppm (mg/L) untuk menentukan konsentrasi dari *methylene blue*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kandungan *Fly ash* dan dolomit

Karakterisasi XRF (*X-Ray Fluorescence*) dilakukan diawal kegiatan untuk mengetahui kandungan  $SiO_2$ , CaO dan MgO pada bahan baku *fly ash* yang bersumber dari dua pabrik kelapa sawit yang berbeda yaitu PT Mutiara Agam (MA) dan PT Incasi Raya (IR) serta dolomit. Karakterisasi dilakukan pada bahan baku sebelum digunakan pada proses pembuatan nano

adsorben. Kandungan tersebut sangat berperan penting terhadap kemampuan penyerapan dari adsorben, hasil karakterisasinya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

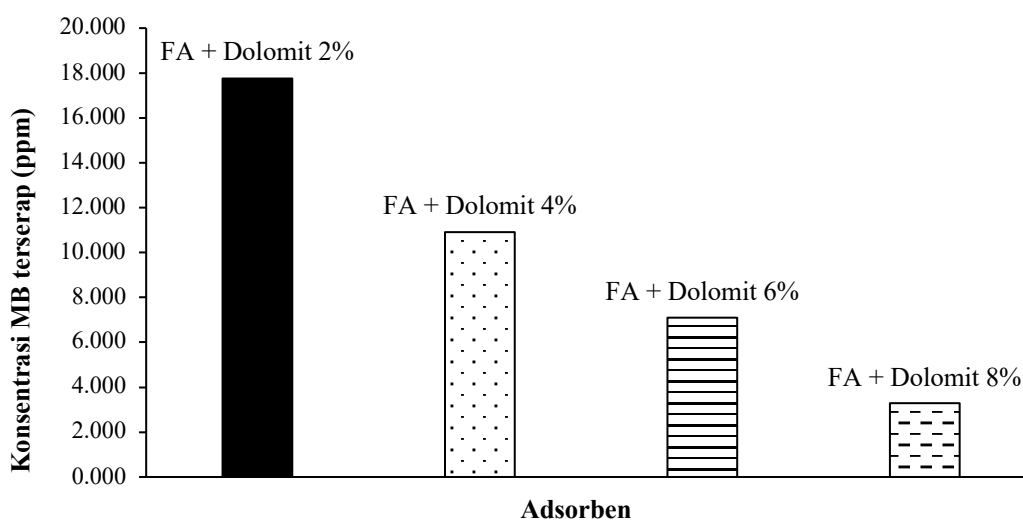
TABEL I. Hasil karakterisasi XRF dari bahan baku

Kandungan	<i>Fly Ash</i> MA (%)	<i>Fly Ash</i> IR (%)	Dolomit (%)
SiO <sub>2</sub>	58,15	57,94	3,19
CaO	3,95	16,56	52,72
MgO	3,41	1,25	0,39

Semakin tinggi rasio SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> semakin tinggi juga kemampuan penyerapan dari adsorben [26]. Dolomit mengandung ion kalsium dan magnesium yang diketahui memiliki kemampuan untuk menyerap MB [22,23]. Selain itu dolomit pada beberapa penelitian telah terbukti dapat menyerap logam-logam berat seperti Cr, As, Cu<sup>2+</sup> dan Pb<sup>2+</sup> [13,24,14,25]. Penambahan dolomit pada penelitian ini diharapkan selain dapat menyerap zat warna juga dapat menyerap logam-logam berat berbahaya yang terdapat dalam limbah tekstil.

### 3.2 Pengaruh Penambahan Dolomit terhadap Penyerapan Metilen Biru

Pada penelitian ini menggunakan variabel tetap jumlah *fly ash* (FA) dengan variabel bebas jumlah dolomit. Penambahan dolomit diharapkan dapat meningkatkan daya serap dari adsorben. Pengaruh variasi jumlah dolomit yang ditambahkan terhadap kemampuan penyerapan metilen biru (MB) dikaji pada penelitian ini. Tahapan pengujian kemampuan penyerapan zat warna MB dilakukan secara kontinu pada kolom adsorpsi dengan diameter 5 cm pada laju alir (Q) 500 ml/jam, tinggi adsorben 5 cm dan 1 tray. Konsentrasi larutan MB yang digunakan yaitu 25 ppm sebanyak 5000 ml. Pengambilan larutan sampel sebanyak 30 ml. Kemampuan penyerapan adsorben dengan variasi penambahan dolomit dapat dilihat pada Tabel 2.



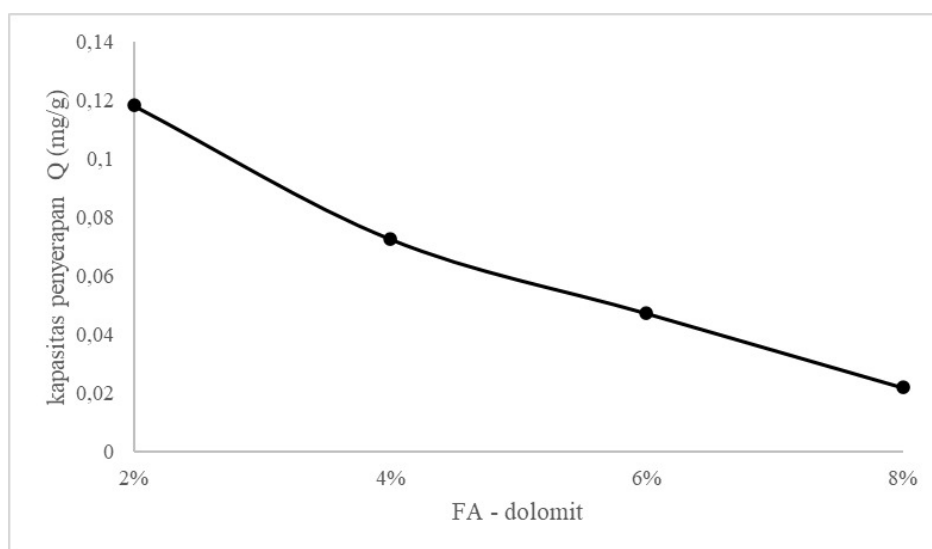
Gambar 1. Pengaruh penambahan dolomit pada penyerapan konsentrasi larutan MB

Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan dolomit mampu meningkatkan penyerapan konsentrasi larutan MB. Pada modifikasi dengan penambahan dolomit 2%, konsentrasi MB yang terserap sebesar 17,755 ppm, pada adsorben FA dengan penambahan dolomit 4%, 6%, dan 8% diketahui konsentrasi MB terserap masing-masing sebesar 10,91; 7,099 dan 3,289 ppm. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui efisiensi penyerapan yang terjadi. Sebagaimana disampaikan pada Tabel 2 bahwa efisiensi penyerapan MB pada adsorben dengan penambahan 2% mencapai 71%, sedangkan pada FA dengan penambahan dolomit 8% penyerapan menurun drastis, hingga yang terserap hanya 13,156%. Begitu juga dengan kapasitas penyerapan adsorben yang ditunjukkan pada Gambar 2. Penambahan dolomit 2% mempunyai kapasitas penyerapan tertinggi sebesar 0,11 mg/g dan penambahan dolomit 8% memiliki kapasitas penyerapan terendah sebesar

0,02 mg/g. Sehingga diketahui bahwa semakin banyak jumlah dolomit yang ditambahkan dapat mengurangi efisiensi dan kapasitas penyerapan dari adsorben. Sebagaimana diketahui bahwa dolomit mempunyai kemampuan menyerap ion logam yang terkandung dalam sampel, namun dalam hal ini memodifikasi *fly ash* dan dolomit mengakibatkan pori-pori *fly ash* terisi oleh dolomit, yang mana akan menghambat proses adsorpsi [27].

TABEL II. Pengaruh penambahan dolomit pada konsentrasi larutan MB

No.	Adsorben	Konsentrasi MB Terserap (ppm)	Efisiensi Penyerapan (%)
1.	FA + Dolomit 2%	17,755	71,02
2.	FA + Dolomit 4%	10,910	43,64
3.	FA + Dolomit 6%	7,099	28,396
4.	FA + Dolomit 8%	3,289	13,156

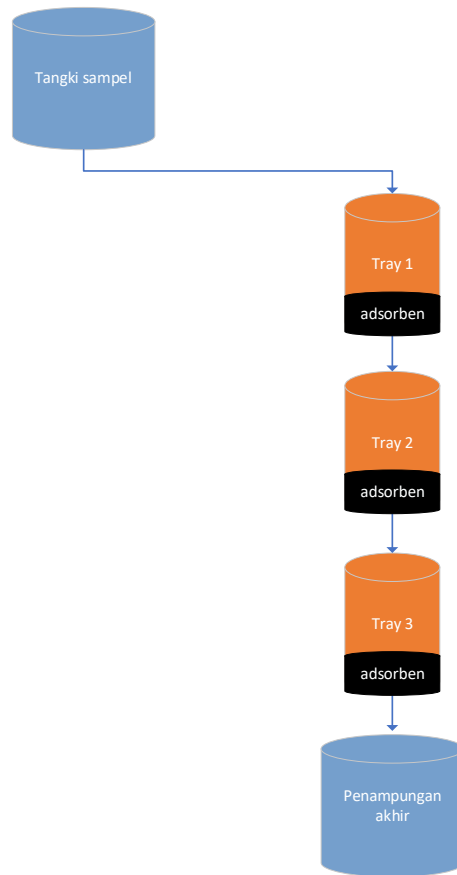


Gambar 2. Pengaruh penambahan dolomit pada kapasitas penyerapan adsorben

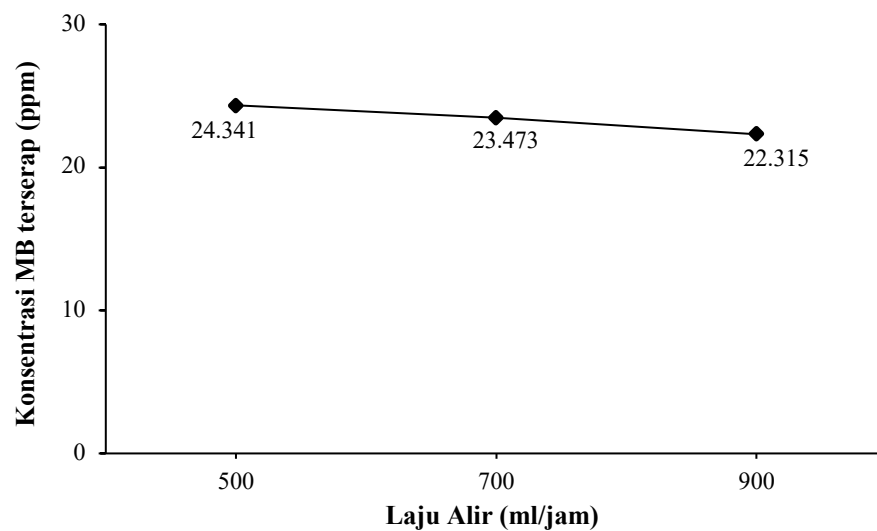
### 3.3 Pengaruh Laju Alir terhadap Penyerapan Metilen Biru

Pada penelitian ini, rangkaian alat adsorpsi dipersiapkan seperti pada gambar 3. Dimana laju alir diatur berdasarkan bukaan katup keluar dari tangki sampel. Dalam hal ini pengaruh laju alir ditinjau untuk mengetahui kondisi optimal dalam suatu proses dengan variabel tetap jumlah *fly ash* (FA) dan dolomit 2%, tinggi adsorben 9 cm dan jumlah *tray* 3 buah. Konsentrasi larutan MB awal yang digunakan yaitu 25 ppm. Pada Gambar 4 terlihat konsentrasi larutan MB yang terserap tertinggi yaitu 24,341 ppm pada laju alir 500 ml/jam. Pada laju alir (Q) 900 ml/jam diperoleh konsentrasi produk MB terendah yaitu 22,315 ppm. Sedangkan pada laju alir 700 ml/jam diperoleh konsentrasi MB yang terserap sebesar 23,473 ppm.

Sebagaimana kita ketahui bahwa semakin tinggi laju alir akan semakin kecil luas kontak yang terjadi antara adsorben dan adsorbat, sehingga akan terjadi peningkatan penyerapan jika laju alir diperlambat. Berdasarkan perolehan data selama masa penelitian, diketahui bahwa penyerapan pada laju alir 500 ml/jam terlihat lebih banyak menyerap MB dibandingkan dengan laju alir yang lainnya. Berdasarkan data pada Gambar 3 sesuai dengan yang disampaikan peneliti terdahulu [28], dimana waktu kontak solid dan liquid, yakni adsorbat dan adsorben sangat mempengaruhi daya serapnya.



Gambar 3. Rangkaian alat adsorpsi 3 tray

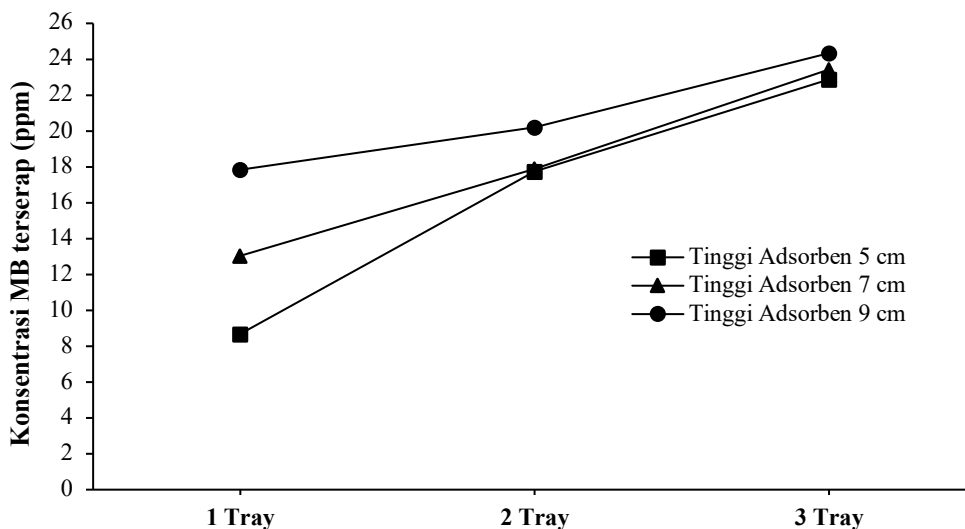


Gambar 4. Pengaruh laju alir (Q) pada konsentrasi larutan MB

### 3.4 Pengaruh Tinggi Adsorben dan Jumlah *tray* terhadap Penyerapan Metilen Biru

Pengaruh tinggi adsorben dan jumlah *tray* terhadap penyerapan metilen biru ditinjau pada variabel tetap adsorben *fly ash* dengan dolomit 2%, laju alir (Q) sebesar 500 ml/jam dan konsentrasi larutan MB yang digunakan yaitu 25 ppm. Pengaruh variasi tinggi adsorben dan jumlah *tray* terhadap konsentrasi larutan MB yang terserap dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil terbaik

diperoleh pada tinggi adsorben 9 cm dengan 3 *tray* karena penurunan konsentrasi MB yang terserap diperoleh sebesar 24,341 ppm. Semakin tinggi adsorben didalam kolom meningkatkan MB yang terserap. *Bed* atau adsorben yang tinggi menyebabkan jumlah partikel solid menjadi semakin banyak. Pada saat fluida melewatinya, menyebabkan kontak antara solid dan liquid semakin banyak pula sehingga jumlah *methylene blue* yang terserap juga semakin besar [28].



Gambar 5. Pengaruh tinggi adsorben dan jumlah *tray* terhadap konsentrasi larutan MB

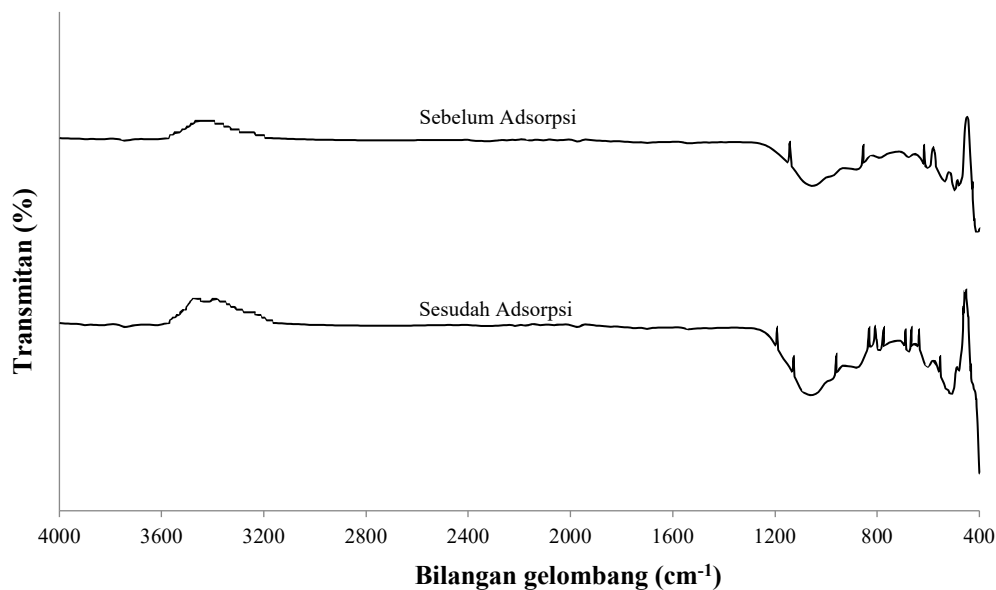
Pengaruh tinggi adsorben dan jumlah *tray* terhadap efisiensi penyerapan dapat dilihat pada Tabel 3. Dari tabel terlihat pada adsorben FA-dolomit 2% diperoleh efisiensi penyerapan tertinggi sebesar 97,364% pada tinggi adsorben 9 cm dengan jumlah 3 *tray*. Sedangkan efisiensi penyerapan terendah diperoleh pada tinggi adsorben 5 cm dengan 1 *tray* sebesar 34,744%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambahnya jumlah *tray* dan tinggi adsorben, semakin tinggi pula kemampuan adsorpsinya.

TABEL III. Pengaruh tinggi adsorben dan jumlah *tray* terhadap efisiensi penyerapan

No.	Tinggi Adsorben (cm)	Efisiensi Penyerapan (%)		
		1 Tray	2 Tray	3 Tray
1.	5	34,744	71,02	91,508
2.	7	52,256	71,568	93,724
3.	9	71,36	80,828	97,364

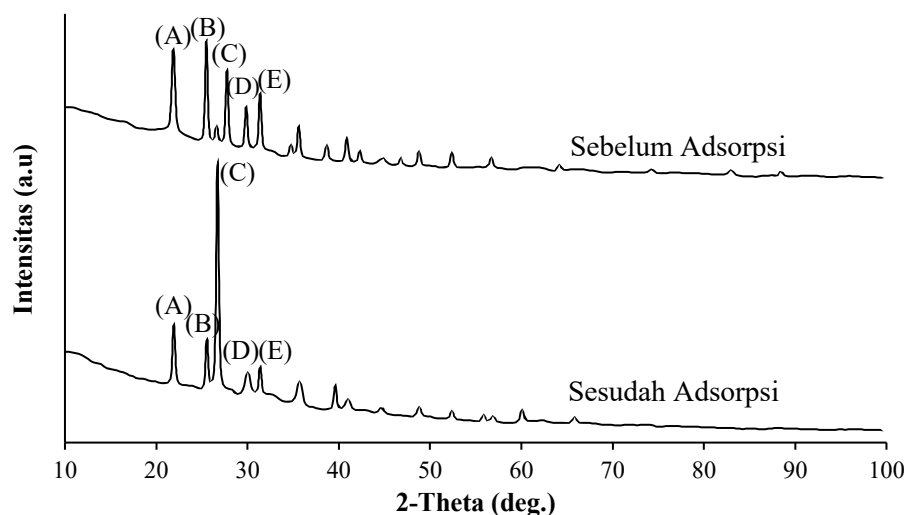
### 3.5 Hasil Karakterisasi FTIR, XRD dan SEM

Adapun hasil karakterisasi FTIR untuk adsorben FA dengan penambahan dolomit 2% sebelum dan sesudah adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini. Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi adsorben setelah penyerapan *Methylene Blue* ( $C_{16}H_{18}ClN_3S$ ). Pada Gambar 6 terlihat beberapa perbedaan *peak* sebelum dan sesudah adsorpsi. Pada adsorben sesudah adsorpsi terdeteksi gugus Si-O-Si pada bilangan gelombang  $480,36\text{ cm}^{-1}$  dan gugus Si-O-Al terdeteksi pada bilangan gelombang  $513,93\text{--}603,51\text{ cm}^{-1}$ . Kemudian pada bilangan gelombang  $678,60\text{ cm}^{-1}$  terdeteksi gugus Ca-O. Berdasarkan data spektroskopi, pita serapan gugus S-O terdeteksi pada bilangan gelombang  $750\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ , gugus Si-O pada bilangan gelombang  $830\text{--}1110\text{ cm}^{-1}$  dan gugus C=C asimetris pada bilangan gelombang  $2000\text{--}1900\text{ cm}^{-1}$  [29,30]. Dari data tersebut, gugus S-O terdeteksi pada bilangan gelombang  $790,41\text{ cm}^{-1}$  dan gugus Si-O pada bilangan gelombang  $1058,28\text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan gugus C=C asimetris terdeteksi pada bilangan gelombang  $1972,05\text{ cm}^{-1}$  dan gugus O-H terdeteksi pada bilangan gelombang  $3741,90\text{ cm}^{-1}$ . Hasil FTIR sesudah adsorpsi menunjukkan bahwa adsorben telah menyerap MB yang ditandai dengan terdeteksinya gugus S-O, C=C dan O-H.



Gambar 6. Hasil Pengujian FTIR Adsorben Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Identifikasi dan analisis fase pada adsorben FA dengan penambahan dolomit 2% sebelum dan sesudah adsorpsi dilakukan dengan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD). Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil Difraktogram Adsorben Sebelum dan Sesudah Aktivasi

Berdasarkan hasil uji XRD, menunjukkan bahwa difraktogram adsorben sesudah adsorpsi mengalami perubahan intensitas pada titik B dan C. Pada sudut ( $2\theta$ )  $21,9134^\circ$  (A) dan  $31,3593^\circ$  (E) dengan intensitas masing-masing sebesar 459,6537 dan 291,1013 terdapat senyawa  $\text{SiO}_2$ , kemudian sudut ( $2\theta$ )  $25,5274^\circ$  (B) dengan intensitas sebesar 402,6368 terdapat senyawa  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$ , selanjutnya pada sudut ( $2\theta$ )  $26,6945^\circ$  (C) dan  $29,9911^\circ$  (D) dengan intensitas masing-masing sebesar 1063,597 dan 271,8722 terdapat senyawa  $\text{CaO}$ . Adsorpsi metilen biru pada adsorben mengakibatkan perubahan intensitas pada *peak* (C) adsorben sesudah adsorpsi dari 160,1309 menjadi 1063,597 dan intensitas pada *peak* (C) adsorben sebelum adsorpsi sebesar 154,5592 setelah proses adsorpsi *peak* tidak terbentuk. Pergeseran *peak* dan perubahan intensitas yang terjadi setelah proses adsorpsi menunjukkan bahwa telah terserapnya senyawa metilen biru pada permukaan adsorben. Metilen biru akan menutupi pori-pori adsorben dan menyebabkan struktur mineral penyusunnya berubah, khususnya pada *peak* (C) yang menunjukkan adanya senyawa  $\text{CaO}$  [31]. Selain itu, data difraksi (hasil XRD) ini juga dapat digunakan untuk mengestimasi ukuran kristal (*crystallite size*). Penentuannya merujuk pada puncak-puncak utama pola difraktogram



[32,33]. Ukuran kristalin rerata dari sampel ditentukan menggunakan formula *Debye-Scherrer* (persamaan 2) [34]:

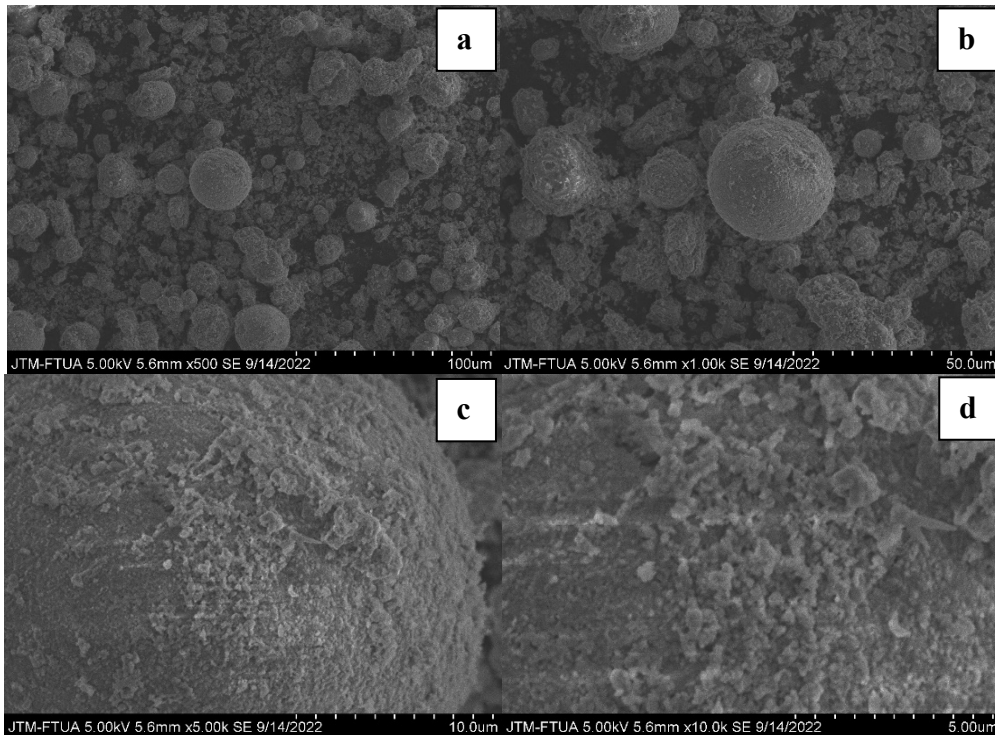
$$D = \frac{k \cdot \lambda}{\beta \cdot \cos \theta} \quad (2)$$

dimana D adalah ukuran kristalin rerata dalam nm, k adalah konstanta faktor bentuk yang nilainya setara dengan 0,9,  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar x yang digunakan, (radiasi Cu k- $\alpha$  = 1.5406Å),  $\beta$  adalah *full width at half maximum* (FWHM) atau lebar puncak energi pada setengah tinggi puncaknya dalam satuan radian dan  $\theta$  adalah sudut difraksi dalam satuan radian.

TABEL IV. Ukuran Kristalin Adsorben FA+Dolomit 2% Diestimasi dari Persamaan *Scherrer*

No.	2 $\theta$ (°)	$\beta$ (FWHM) (°)	Ukuran Kristalin (nm)
1.	21,8641	0,4093	21,4929
2.	25,4773	0,307	29,4592
3.	27,7242	0,307	30,0440
4.	29,8307	0,307	30,6575
5.	31,3539	0,307	31,1437
Ukuran rata-rata kristalin			28,5595

Dari Tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa ukuran kristalin rata-rata adsorben FA dengan penambahan dolomit 2% yaitu sebesar 28,5595 nm. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa adsorben berukuran nanokristal.



Gambar 8. Hasil karakterisasi SEM adsorben *fly ash* (FA) dengan penambahan dolomit 2% pada perbesaran (a) 500x (b) 1000x (c) 5000x dan (d) 10000x

Struktur permukaan diharapkan berbentuk acak dan lebih bertekstur. Hal tersebut diketahui akan memperluas permukaan adsorben yang dapat mengikat partikel-partikel adsorbat [35]. Pada

perbesaran 5000-10000x (Gambar 8), pori pada permukaan adsorben terlihat lebih halus. Hal ini menunjukkan bahwa pori pada permukaan FA mulai tertutupi oleh dolomit sehingga kemampuan penyerapan adsorben FA-dolomit akan semakin rendah jika penambahan dolomit semakin banyak.

#### 4. KESIMPULAN

*Fly ash* yang digunakan pada penelitian memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> tertinggi sebesar 58,15% sedangkan dolomit mengandung CaO sebesar 52,72%. Pada operasi penyerapan menggunakan kolom dengan tinggi adsorben 9 cm dan 3 *tray* serta laju alir 500 ml/jam diperoleh efisiensi penyerapan tertinggi diperoleh yaitu 97,364% pada adsorben FA-dolomit 2% dan efisiensi terendah yaitu 13,156% pada adsorben FA-dolomit 8%. Berdasarkan hasil tersebut, penambahan dolomit tidak berpengaruh positif terhadap daya serap adsorben dalam menyerap zat warna *methylene blue*. Semakin banyak jumlah dolomit yang ditambahkan, efisiensi penyerapan semakin menurun. Penambahan dolomit Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR adsorben FA-dolomit terdeteksi gugus Si-O-Si dan Si-O-Al. Ukuran kristalin rata-rata adsorben FA-dolomit yaitu sebesar 28,56 nm yang menunjukkan bahwa adsorben berukuran nano berdasarkan hasil karakterisasi XRD. Dengan demikian, limbah FA dapat digunakan untuk penyerapan limbah zat warna.

#### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh DIPA Politeknik ATI Padang tahun 2022 Nomor: 019.10.2.579359/2022.

#### Daftar Pustaka

- [1] D. A. Triawan, N. Nesbah, and D. Fitriani, "Crude palm oil's (CPO) fly ash as a low-cost adsorben for removal of methylen blue (mb) from aqueous solution," *Jurnal Kimia Riset*, vol. 2, pp. 10-15, 2017.
- [2] J. J. P. Telaumbanua, "Using Fly Ash And Bottom Ash Boiler Of Palm Oil Factories As Adsorbents For Adsorption Of Color In Artificial Liquid Waste," *Jurnal Mekintek: Jurnal Mekanikal, Energi, Industri, Dan Teknologi*, vol. 11, pp. 59-67, 2020.
- [3] C. Charismayani, E. Saputra, and A. Fadli, "Adsorpsi Zat Warna Rhodamine-B Menggunakan Fly Ash Sawit Yang Dimodifikasi Dengan NaOH Sebagai Adsorben," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, vol. 4, pp. 1-5, 2017.
- [4] F. Olsy, E. Saputra, and Z. Helwani, "Keseimbangan Adsorpsi Zat Pewarna Rhodamine-B Menggunakan Fly Ash Sawit Sebagai Low-Cost Adsorbent," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, vol. 5, pp. 1-5, 2018.
- [5] J. Pinem, P. Utama, R. Irianty, B. Prawiranegara, and E. Saputra, "Palm oil mill fly ash as a low-cost adsorbent for Rhodamine-B removal from industrial wastewater," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, p. 012010, 2020.
- [6] A. S. A. Aziz, L. A. Manaf, H. C. Man, and N. S. Kumar, "Equilibrium studies and dynamic behavior of cadmium adsorption by palm oil boiler mill fly ash (POFA) as a natural low-cost adsorbent," *Desalination and Water Treatment*, vol. 54, pp. 1956-1968, 2015.
- [7] A. S. A. Aziz, L. A. Manaf, H. C. Man, and N. S. Kumar, "Column dynamic studies and breakthrough curve analysis for Cd (II) and Cu (II) ions adsorption onto palm oil boiler mill fly ash (POFA)," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 21, pp. 7996-8005, 2014.
- [8] M. S. M. Yusof, M. H. D. Othman, R. A. Wahab, K. Jumbri, F. I. A. Razak, T. A. Kurniawan, *et al.*, "Arsenic adsorption mechanism on palm oil fuel ash (POFA) powder suspension," *Journal of hazardous materials*, vol. 383, p. 121214, 2020.
- [9] N. Sylvia, F. Fitriani, R. Dewi, R. Mulyawan, A. Muslim, H. Husin, *et al.*, "Characterization of Bottom Ash Waste Adsorbent from Palm Oil Plant Boiler Burning Process to Adsorb Carbon Dioxide in a Fixed Bed Column," *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 21, pp. 1454-1462, 2021.
- [10] A. Kongnoo, S. Tontisirin, P. Worathanakul, and C. Phalakornkule, "Surface characteristics and CO<sub>2</sub> adsorption capacities of acid-activated zeolite 13X prepared from palm oil mill fly ash," *Fuel*, vol. 193, pp. 385-394, 2017.

- [11] M. M. Kwikima, S. Mateso, and Y. Chebude, "Potentials of agricultural wastes as the ultimate alternative adsorbent for cadmium removal from wastewater. A review," *Scientific African*, vol. 13, p. e00934, 2021.
- [12] M. A. Zazycki, M. Godinho, D. Perondi, E. L. Foletto, G. C. Collazzo, and G. L. Dotto, "New biochar from pecan nutshells as an alternative adsorbent for removing reactive red 141 from aqueous solutions," *Journal of Cleaner Production*, vol. 171, pp. 57-65, 2018.
- [13] A. B. Albadarin, C. Mangwandi, H. Ala'a, G. M. Walker, S. J. Allen, and M. N. Ahmad, "Kinetic and thermodynamics of chromium ions adsorption onto low-cost dolomite adsorbent," *Chemical engineering journal*, vol. 179, pp. 193-202, 2012.
- [14] E. Pehlivan, A. M. Özkan, S. Dinç, and Ş. Parlayici, "Adsorption of Cu<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> ion on dolomite powder," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 167, pp. 1044-1049, 2009.
- [15] M. Heidarizad and S. S. Şengör, "Synthesis of graphene oxide/magnesium oxide nanocomposites with high-rate adsorption of methylene blue," *Journal of Molecular Liquids*, vol. 224, pp. 607-617, 2016.
- [16] N. Syahvalensi, M. Rokhmat, and E. Wibowo, "Pengaruh Penambahan Karbon Pada Fotokatalist Berbahan Dasar Tio<sub>2</sub> Untuk Mendegradasi Methylene Blue," *eProceedings of Engineering*, vol. 6, 2019.
- [17] A. C. Lantang, J. Abidjulu, and H. F. Aritonang, "Pemanfaatan karbon aktif dari limbah kulit pisang goroho (musa acuminata) sebagai adsorben zat pewarna tekstil methylene blue," *Jurnal MIPA*, vol. 6, pp. 55-58, 2017.
- [18] E. Yilmaz and M. Soylak, "Functionalized nanomaterials for sample preparation methods," in *Handbook of Nanomaterials in analytical chemistry*, ed: Elsevier, pp. 375-413, 2020.
- [19] M. Parashar, V. K. Shukla, and R. Singh, "Metal oxides nanoparticles via sol-gel method: a review on synthesis, characterization and applications," *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, vol. 31, pp. 3729-3749, 2020.
- [20] E. Yilmaz and M. Soylak, "Functionalized nanomaterials for sample preparation methods," in *Handbook of Nanomaterials in analytical chemistry*, ed: Elsevier, 2020, pp. 375-413.
- [21] K. Rastogi, J. Sahu, B. Meikap, and M. Biswas, "Removal of methylene blue from wastewater using fly ash as an adsorbent by hydrocyclone," *Journal of hazardous materials*, vol. 158, pp. 531-540, 2008.
- [22] J. J. Beaudoin, B. Patarachao, L. Raki, and R. Alizadeh, "The interaction of methylene blue dye with calcium-silicate-hydrate," *Journal of the American Ceramic Society*, vol. 92, pp. 204-208, 2009.
- [23] Y. Tian, G. Cui, Y. Liu, H. Li, Z. Sun, and S. Yan, "Self-assembly synthesis of hollow double silica@mesoporous magnesium silicate magnetic hierarchical nanotubes with excellent performance for fast removal of cationic dyes," *Applied Surface Science*, vol. 387, pp. 631-641, 2016.
- [24] N. Hao, L. Yilian, C. Ruiping, L. Yu, and Y. Guodong, "Kinetics and thermodynamics of Cu<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> adsorption from aqueous solutions onto dolomite adsorbent," *Chinese Journal of Environmental Engineering*, vol. 10, pp. 3077-3083, 2016.
- [25] K. H. Shah, M. Ayub, M. Fahad, M. Bilal, B. A. Z. Amin, and Z. Hussain, "Natural dolomite as a low-cost adsorbent for efficient removal of As (III) from aqueous solutions," *Materials Research Express*, vol. 6, p. 085535, 2019.
- [26] M. Visa, C. Bogatu, and A. Duta, "Simultaneous adsorption of dyes and heavy metals from multicomponent solutions using fly ash," *Applied Surface Science*, vol. 256, pp. 5486-5491, 2010.
- [27] M. Zhang, H. Zhang, D. Xu, L. Han, D. Niu, B. Tian, *et al.*, "Removal of ammonium from aqueous solutions using zeolite synthesized from fly ash by a fusion method," *Desalination*, vol. 271, pp. 111-121, 2011.
- [28] K. Udyani, "Adsorpsi Deterjen dalam Air Menggunakan Adsorben Karbon Aktif pada Kolom Fluidisasi," *Jurnal ITATS*, pp. 1-6, 2013.
- [29] H. Sastrohamidjojo, *Dasar-dasar spektroskopi*: UGM PRESS, 2018.
- [30] R. M. Silverstein, F. X. Webster, and D. Kiemle, *Spectrometric Identification of Organic Compounds, 7th Edition*: Wiley, 2005.

- [31] P. Pranoto, T. Martini, and W. Maharditya, "Uji Efektivitas dan Karakterisasi Komposit Tanah Andisol/Arang Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Berat Besi (Fe)," *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, vol. 16, pp. 50-66, 2020.
- [32] A. B. Masruroh, L. Titus, and T. Rachmat, "Penentuan ukuran Kristal (crystallite size) lapisan tipis PZT dengan metode XRD melalui pendekatan persamaan Debye Scherrer," *Journal of Educational Innovation*, vol. 1, 2013.
- [33] A. Hernowo and I. Nurhasanah, "Kristalinitas Dan Ukuran Nanopartikel Zno Yang Dikalsinasi Pada Temperatur 100oC Dan 200oC," *Berkala Fisika*, vol. 22, pp. 125-131, 2019.
- [34] B. Cullity and S. Stock, "Elements of x-ray diffraction, Prentice Hall," *Upper Saddle River, NJ*, p. 388, 2001.
- [35] Miftahurrahmah, Suhendrayatna, and M. Zaki, "Penyisihan Ion Logam Merkuri (Hg<sup>2+</sup>) Menggunakan Adsorben Berbahan Baku Limbah Pertanian dan Gulma Tanaman," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 6, pp. 7-11, 2017.