

PENGARUH WAKTU AKTIVASI MEKANOKIMIA DAN KONSENTRASI NAOH TERHADAP KADAR AIR DAN KADAR ABU PADA ADSORBEN ZEOLIT

Azizah Amelia Mufidah dan Anang Takwanto

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
azizahameliamufidah@gmail.com ; [a.takwanto@gmail.com]

ABSTRAK

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat yang mempunyai struktur pori yang teratur dan memiliki luas permukaan tinggi. Adsorben zeolit akan diaktivasi dengan metode mekanokimia dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang ada pada zeolit sehingga kemampuan adsorpsi nya bertambah. Mekanokimia merupakan proses pemanfaatan energi mekanik untuk merubah struktur bahan sehingga bahan yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki kemampuan mengadsorpsi dengan baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu mekanokimia dan konsentrasi Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap kualitas adsorben zeolit. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan variabel tetap perbandingan zeolit dengan NaOH 1:4 (b/v) dan variabel berubah waktu mekanokimia 30; 60 menit dan konsentrasi NaOH 1; 2; 3 M. Analisis yang dilakukan pada pengujian adsorben zeolit adalah kadar air dan kadar abu. Hasil terbaik yang diperoleh dari kedua pengujian tersebut adalah kadar air sebesar 0,5% dan kadar abu sebesar 1,941%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa adsorben zeolit memiliki kualitas yang baik.

Kata kunci: adsorben, aktivasi, mekanokimia, natrium hidroksida, zeolit

ABSTRACT

Zeolite is an aluminosilicate crystal that has a regular pore structure and a large surface area. The zeolite adsorbent will be activated by a mechanochemical method with the aim of removing impurities present in the zeolite so that its adsorption capacity increases. Mechanochemical is the process of utilizing mechanical energy to change the structure of materials so that the resulting material has a larger surface area and also has the ability to adsorb well. The purpose of this study was to determine the effect of mechanochemical time and the concentration of sodium hydroxide (NaOH) on the quality of the zeolite adsorbent. This study used a quantitative method with a fixed variable ratio of zeolite and NaOH of 1:4 (w/v) and a variable mechanochemical time of 30; 60 minutes and the concentration of NaOH of 1; 2; 3 M. The analysis performed on the zeolite adsorbent test are the water content and ash content. The best results obtained from the two tests were a moisture content of 0.5% and an ash content of 1.941%. These results indicate that the zeolite adsorbent has good quality.

Keywords: adsorbent, activation, mechanochemical, sodium hydroxide, zeolite

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah vulkanik yang kaya akan bahan galian industri terutama kelompok mineral alumino-tekto-silikat seperti zeolit. Secara geologi sumber daya mineral tersebut tersebar hampir di setiap pulau di Indonesia mulai dari Jawa, Sumatera, Kalimantan

hingga Sulawesi. Sehingga perkiraan jumlah cadangan zeolit alam Indonesia sangatlah melimpah [1]. Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metaforosa yang selanjutnya mengalami pelapukan karena pengaruh panas dan dingin sehingga akhirnya terbentuk mineral-mineral zeolit [2].

Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multiguna karena memiliki sifat kimia yang unik yaitu sebagai penyerap (adsorben), penukar ion (*ion exchange*), dan katalisator [3]. Pada penerapannya, zeolit banyak dimanfaatkan sebagai adsorben karena ketersediaan zeolit alam Indonesia yang melimpah, serta harga zeolit alam yang tergolong murah [4]. Nurlala dan Husnah (2019) menjelaskan bahwa penambahan zeolit mampu menurunkan kadar amoniak pada limbah cair industri karet, semakin banyak zeolit yang ditambahkan dalam limbah cair tersebut maka semakin baik daya serap terhadap amoniak yang artinya kandungan amoniak dalam limbah tersebut berkurang [5].

Berdasarkan asalnya, zeolit terbagi menjadi dua jenis yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit sintetis sering digunakan untuk kepentingan komersial dibandingkan dengan zeolit alam, hal ini dikarenakan keseragaman ukuran partikel dan tingkat kemurnian yang tinggi pada zeolit sintetis [6]. Sedangkan zeolit alam banyak digunakan sebagai adsorben. Namun karena zeolit alam mempunyai struktur yang tidak selalu sama, tergantung pada kondisi pembentukannya di alam maka pada penggunaannya sebagai adsorben dibutuhkan proses aktivasi [7].

Zeolit alam masih banyak mengandung pengotor dalam bentuk oksida logam dan luas permukaannya yang rendah sehingga perlu dilakukan aktivasi untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya [8]. Aktivasi zeolit alam secara kimia dilakukan dengan penambahan asam maupun basa untuk meningkatkan daya adsorpsinya. Dalam penelitian ini, aktivator yang digunakan adalah Natrium Hidroksida (NaOH). Penggunaan aktivator ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan basa dalam memperluas pori dari zeolit yang akan berpengaruh terhadap daya adsorpsi dari zeolit tersebut [9]. Penggunaan aktivator NaOH sudah pernah dilakukan oleh Saidi (2015). Dari penelitian tersebut dihasilkan bahwa zeolit yang teraktivasi NaOH akan memiliki daya serap yang baik jika dibandingkan dengan zeolit tanpa aktivasi NaOH. Hal ini disebabkan karena NaOH mampu mengurangi pengotor-pengotor berupa kation-kation penyeimbang struktur zeolit sehingga pori-pori zeolit lebih luas dan memiliki daya serap yang baik [10]. Pada penelitian ini dilakukan aktivasi zeolit dengan NaOH menggunakan metode mekanokimia. Aktivasi mekanokimia adalah proses mekanis menggunakan peralatan *grinding (ball mill)* yang menghasilkan gangguan atau kerusakan struktur kristal [11]. Hasil yang diharapkan dari aktivasi secara mekanokimia adalah diantaranya memperoleh struktur pori yang seragam dan menghasilkan luas permukaan yang besar pada zeolit, sehingga dapat mengadsorpsi dengan maksimal.

Chen, dkk.(2012) melaporkan bahwa penelitian dengan proses mekanokimia akan menyebabkan meningkatnya luas permukaan pada adsorben, hal ini karena aksi dari gerakan penggilingan bola pada *ball mill*. Sehingga semakin lama proses mekanokimia maka akan menghasilkan adsorben yang baik dalam mengadsorpsi, namun apabila waktu yang digunakan melebihi waktu maksimum maka dapat mengakibatkan kerusakan pada adsorben

sehingga mengakibatkan pori-pori adsorben yang terbuka menjadi tertutup kembali akibat kerusakan tersebut [12].

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variasi waktu aktivasi mekanokimia dan variasi konsentrasi aktivator terhadap kadar air dan kadar abu pada adsorben zeolit.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dari hasil penelitian atau pengamatan langsung dengan variabel yang digunakan berupa variabel tetap yaitu perbandingan masa zeolit dengan volume larutan NaOH (1:4) dan variabel berubah yaitu konsentrasi NaOH (1; 2; 3 M) serta waktu aktivasi mekanokimia (30; 60 menit). Analisis yang dilakukan pada pengujian zeolit akan disajikan dalam bentuk grafik.

2.1. Pembuatan Adsorben Zeolit

Zeolit alam dari Sumbermanjing, Kabupaten Malang dikumpulkan, dicuci bersih lalu dikeringkan dibawah sinar matahari \pm 1 jam. Zeolit yang telah dikeringkan, kemudian dilakukan pengecilan ukurannya terlebih dahulu lalu diayak menggunakan ayakan \pm 48 mesh (0,2 mm) hingga berbentuk serbuk. Setelah itu menuju tahap proses aktivasi. Zeolit sebanyak 100 gram dan larutan NaOH sebanyak 450 ml masing-masing dengan konsentrasi (1, 2, dan 3 M) dimasukkan ke dalam *ball mill* dan dilakukan proses aktivasi dengan variabel waktu 30, dan 60 menit. Sampel hasil aktivasi diambil, disaring, dinetralkan dan dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C selama 2 jam untuk mengurangi kadar air kemudian diletakkan dalam desikator untuk penyesuaian suhu ruang.

2.2. Analisis Kadar Air Adsorben Zeolit

Analisis kadar air pada adsorben zeolit bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang terkandung dalam adsorben setelah melakukan aktivasi secara mekanokimia. Prosedur uji kadar air yang dilakukan pertama adalah memasukkan adsorben zeolit seberat 1 gram ke dalam cawan porselen. Sampel dikeringkan dengan oven suhu 105°C selama 1 jam. Selanjutnya adsorben zeolit didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Kemudian dilakukan penimbangan adsorben zeolit. Kadar air dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

m_1 = berat kertas saring kosong (gram)

m_2 = berat kertas saring + isi sebelum di oven (gram)

m_3 = berat kertas saring + isi setelah di oven (gram)

2.3. Analisis Kadar Abu Adsorben Zeolit

Kandungan dari abu sangat mempengaruhi kualitas dari adsorben. Keberadaan abu yang berlebihan pada permukaan adsorben dapat mengurangi sisi aktif dan daya serap adsorben. Abu tersebut dapat menyumbat pori-pori pada permukaan adsorben sehingga luas permukaan aktif menjadi kecil. Prosedur uji kadar abu yaitu mula-mula sampel zeolit ditimbang dalam cawan sebanyak 1 gram dan dipanaskan dalam *furnace* pada suhu

800°C sampai terbentuk abu. Kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan dianalisis kadar abunya dengan menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu yang terbentuk (gram)}}{\text{Berat sampel mula-mula (gram)}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, adsorben zeolit diaktivasi secara kimia dengan mencampurkannya dengan bahan kimia yaitu natrium hidroksida (NaOH). Tujuan dari aktivasi adalah untuk menghasilkan luas permukaan adsorben zeolit yang semakin besar serta membuka dan memperbesar pori [13]. Metode aktivasi yang digunakan adalah metode mekanokimia dengan menggunakan peralatan *ball mill*.

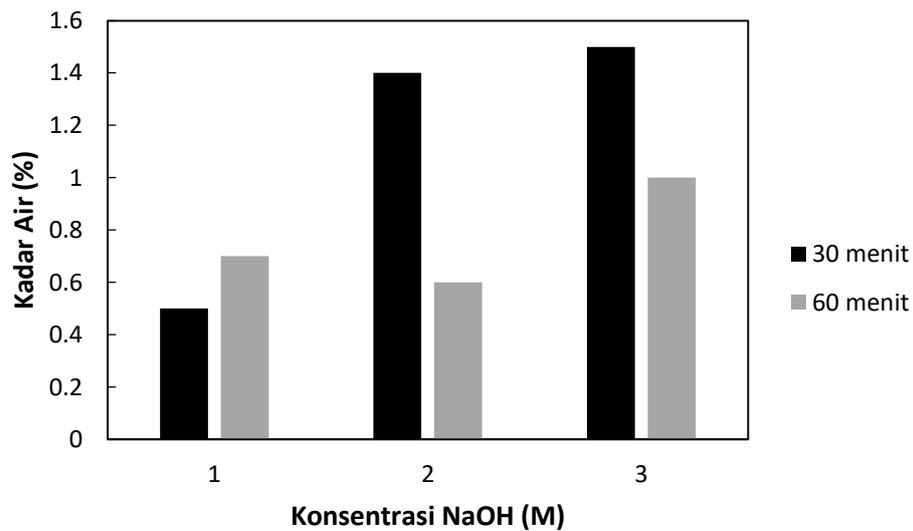
Adsorben zeolit hasil aktivasi diuji untuk mengetahui kualitas dari adsorben tersebut. Pengujian kadar air, kadar abu dan daya serap iodin pada penelitian ini berpacu pada pendekatan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Syarat mutu arang aktif teknis (SNI 06-3730-1995) [14]

Parameter	Persyaratan	
	Butiran	Serbuk
Kadar Air (%)	maks. 4,4	maks. 15
Kadar Abu (%)	maks. 2,5	maks. 10

3.1 Pengaruh Waktu Aktivasi Mekanokimia dan Konsentrasi Aktivator terhadap Kadar Air Adsorben Zeolit

Tujuan pengujian kadar air adalah untuk mengetahui kandungan air yang terkandung pada adsorben zeolit setelah melalui proses aktivasi dan mengetahui sifat higroskopis adsorben zeolit [15]. Sifat higroskopis dapat berdampak pada kemampuan penyerapan dari adsorben zeolit, karena semakin tinggi kadar air yang terikat pada adsorben zeolit maka pori-pori dari adsorben akan tertutup dan mengakibatkan berkurangnya kemampuan adsorpsi [16]. Berdasarkan hasil pengujian kadar air dari sampel zeolit dengan variasi waktu aktivasi 30 dan 60 menit serta variasi konsentrasi NaOH 1, 2, dan 3 M disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 1.



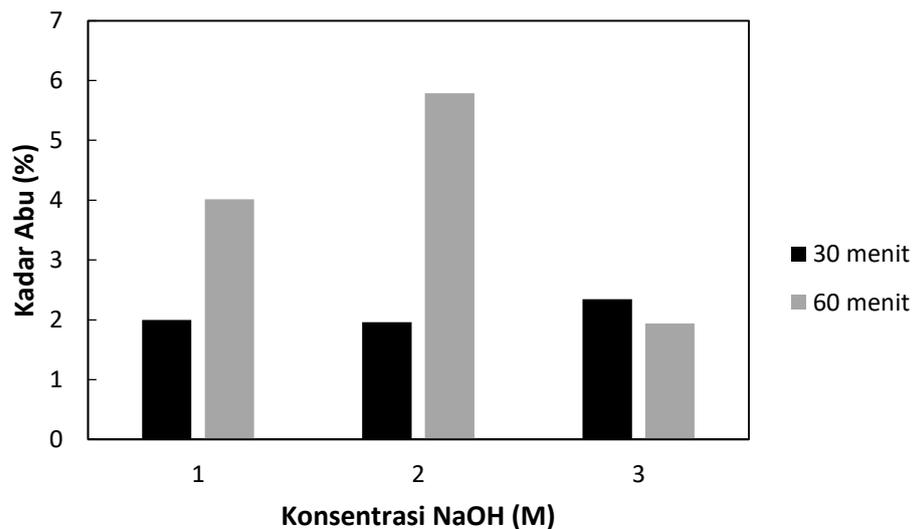
Gambar 1. Pengaruh waktu aktivasi mekanokimia dan konsentrasi aktivator terhadap kadar air adsorben zeolit (%)

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa kadar air yang dihasilkan dari sampel adsorben zeolit adalah berkisar 0,5% - 1,5% sehingga telah memenuhi syarat kualitas SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal sebesar 15%. Kadar air yang rendah menjelaskan bahwa sedikitnya kandungan air yang terperangkap dalam pori-pori zeolit. Sehingga semakin kecil kadar airnya maka luas permukaan zeolit akan semakin luas dan kemampuan zeolit sebagai adsorben akan semakin baik.

Penurunan kadar air juga sangat erat hubungannya dengan sifat higroskopis dari aktivator NaOH. Menurut Wulandari, dkk. (2015) terikatnya molekul air pada adsorben oleh aktivator menyebabkan pori-pori pada adsorben semakin besar sehingga luas permukaannya juga bertambah [9] Hasil analisis kadar air yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995 menunjukkan bahwa zeolit yang teraktivasi NaOH menghasilkan adsorben yang berkualitas baik. Nilai kadar air terbaik yaitu 0,5% dengan konsentrasi 1 M dan waktu aktivasi 30 menit.

3.2 Pengaruh Waktu Aktivasi Mekanokimia dan Konsentrasi Aktivator terhadap Kadar Abu Adsorben Zeolit

Tujuan pengujian kadar abu adalah untuk mengetahui kandungan abu pada adsorben zeolit. Apabila kandungan abu itu tinggi, maka akan mengakibatkan daya serap yang dihasilkan rendah, karena itu diupayakan kandungan abu sekecil mungkin agar adsorben zeolit memiliki daya serap yang baik [17].



Gambar 2. Pengaruh waktu aktivasi mekanokimia dan konsentrasi aktivator terhadap kadar abu adsorben zeolit (%)

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa kadar abu yang dihasilkan dari sampel adsorben zeolit adalah berkisar 1,941% - 5,784% sehingga dapat disimpulkan bahwa keseluruhan kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi SNI 06-3730-1995 yaitu dibawah 10%. Konsentrasi aktivator yang semakin bertambah akan menyebabkan kadar abu mengalami fluktuasi karena semakin banyak dan lamanya aktivator yang terjebak dalam adsorben akan menyerap air pada udara dan kadar air akan bertambah sehingga masih terdapat sisa mineral yang tidak dapat menguap pada proses pengabuan. Hasil analisis kadar abu yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995 menunjukkan bahwa zeolit yang teraktivasi NaOH menghasilkan adsorben yang berkualitas baik. Nilai kadar abu terbaik yaitu 1,941% dengan konsentrasi 3 M dan waktu aktivasi 60 menit.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa kualitas adsorben zeolit yang dipengaruhi oleh waktu aktivasi secara mekanokimia dan konsentrasi aktivator telah memenuhi SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis. Kualitas adsorben zeolit diperoleh hasil terbaik kadar air 0,5% pada konsentrasi 1 M dan waktu aktivasi 30 menit serta kadar abu terbaik diperoleh 1,941% pada konsentrasi 3 M dan waktu aktivasi 60 menit.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah diharapkan untuk melakukan aktivasi secara mekanokimia menggunakan aktivator Asam Klorida (HCl) dengan variasi konsentrasi yang sama yaitu 1, 2, 3 dan 4 M guna sebagai pembandingan dengan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] R. Juniansyah, D. Suhendar, dan E. P. Hadisantoso, "Studi Transformasi Zeolit Alam Asal Sukabumi dengan Menggunakan Air Zamzam sebagai Sumber Akuades," *al-Kimiya*, vol. 4, no. 1, hlm. 23–30, 2017.
- [2] D. Y. Lestari, "Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara," Yogyakarta, 2010.
- [3] E. N. Purnamasari, "Efektivitas Zeolit Alam sebagai Adsorbent dalam Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Alkyl Benzene Sulfonat (LAS)," *Jurnal Media Teknik*, vol. 12, no. 1, hlm. 48–58, 2015.
- [4] D. Saidi, "Proses Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Teraktivasi NaOH dengan Variasi Konsentrasi dan Berat Zeolit," Malang, 2014.
- [5] Nurlela dan Husnah, "Pengaruh Penambahan Zeolit terhadap Penurunan Amoniak dalam Limbah Cair Industri Karet," vol. 4, no. 2, 2019.
- [6] S. Sugiarti, C. Charlena, dan N. A. Aflakhah, "Zeolit Sintetis Terfungsionalisasi 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantiol sebagai Adsorben Kation Cu (II) dan Biru Metilena," *Jurnal Kimia VALENSI*, vol. 3, no. 1, hlm. 11–19, Mei 2017, doi: 10.15408/jkv.v0i0.5144.
- [7] L. Kurniasari, M. Djaeni, dan A. Purbasari, "Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Pada Alat Pengering Bersuhu Rendah," *Reaktor*, vol. 13, no. 3, hlm. 178–184, 2011.
- [8] Y. D. Ngapa, "Kajian Pengaruh Asam-Basa pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena," *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, vol. 2, no. 2, hlm. 90–96, Sep 2017, doi: 10.20961/jkpk.v2i2.11904.
- [9] F. Wulandari, Umiatin, dan E. Budi, "Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu 2+," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 16, no. 2, hlm. 60–64, 2015.
- [10] D. Saidi, A. Jannah, dan A. Maunatin, "Bioethanol Dehydration Process using NaOH-Activated Zeolite at Various Concentration and Zeolite Weight," *ALCHEMY*, vol. 4, no. 1, hlm. 32–38, 2015.
- [11] Solihin, "Tinjauan Pembuatan Niobium Karbida," *Majalah Metalurgi*, hlm. 71–78, 2014.
- [12] C. X. Chen, B. Huang, T. Li, dan G. F. Wu, "Preparation of phosphoric acid activated carbon from sugarcane bagasse by mechanochemical processing," *Bioresources*, vol. 7, no. 4, hlm. 5109–5116, 2012, doi: 10.15376/biores.7.4.5109-5116.
- [13] N. Hasna, D. Suprayogi, dan A. Hakim, "Penggunaan Asam Fosfat Sebagai Aktivator Bioadsorben Daun Ketapang (*Terminalia* sp.) Untuk Menurunkan Kontaminan Rhodamin B," *Konversi*, vol. 10, no. 2, hlm. 81–88, Okt 2021, doi: 10.20527/k.v10i2.11072.
- [14] *Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995*. Surabaya, 1995.
- [15] K. Sa'diyah, P. H. Suharti, N. Hendrawati, F. A. Pratamasari, dan O. M. Rahayu, "Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Karbon Aktif Melalui Proses Pirolisis dan Aktivasi Kimia," *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, vol. 4, no. 2, hlm. 91–99, Sep 2021, doi: 10.25273/cheesa.v4i2.8589.91-99.
- [16] E. Sahara, I. K. Y. Resyana, dan A. A. I. A. M. Laksimawati, "Optimasi Waktu Aktivasi dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gunitir dengan Aktivator NaOH,"

- Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, vol. 14, no. 1, hlm. 63–70, Feb 2020, doi: 10.24843/jchem.2020.v14.i01.p11.
- [17] A. Nurrahman, E. Permana, D. R. Gusti, dan I. Lestari, “Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Batubara Lignit,” *Jurnal Daur Lingkungan*, vol. 4, no. 2, hlm. 44–53, Sep 2021, doi: 10.33087/daurling.v4i2.86.