

**EFEKTIVITAS LIMBAH AMPAS TEBU (*Saccharum Officinarum L.*)  
SEBAGAI ADSORBEN DENGAN METODE PIROLISIS UNTUK  
MENINGKATKAN KUALITAS AIR LIMBAH INDUSTRI GULA  
*EFFECTIVENESS OF SUGAR CANE WASTE (SACCHARUM  
OFFICINARUM L.) AS AN ADSORBENT USING THE PYROLYSIS  
METHOD TO IMPROVE THE QUALITY OF SUGAR INDUSTRY  
WASTEWATER***

**Hifdzil Adila<sup>\*</sup>, Wiliam Wisnu<sup>1</sup>, Essa Tri Handayani<sup>1</sup>, Hafizhah Rana Fathin<sup>2</sup>, Andrew Setiawan Rusdianto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

<sup>2</sup>Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

\*Corresponding author's email: [adilahifdzil@gmail.com](mailto:adilahifdzil@gmail.com)

**ABSTRACT**

Sugarcane bagasse is a by-product of the sugar industry which contains high levels of cellulose which can be used in making adsorbents. Another by-product of the sugar industry is liquid waste which contains dangerous pollutants which can damage river ecosystems, sugarcane bagasse adsorbent can be used to overcome river pollution caused by sugar industry wastewater, the process of making sugarcane bagasse adsorbent using the pyrolysis method is considered more effective because this method can convert long lignocellulosic chains into active carbon, so this research aims to determine the effectiveness of sugarcane bagasse adsorbents made using the pyrolysis method in dealing with river pollution caused by wastewater. The research method used is the gravimetric method for measuring water content and ash content, and the calculation method for measuring pH values and yield. The analysis used is analysis of water content, ash content, pH and yield which will later be compared with charcoal standards according to SNI 06-4369-1995. The research results showed that the water content and ash content values were 13.92% and 8.05%, which met the SNI 06-3730-1995 standard regarding activated charcoal. Apart from that, the pH value was obtained at 9.91 and the yield was 5.80%, where this value was influenced by the activation of activated charcoal and the pyrolysis process that occurred in the bagasse.

**Keywords:** Adsorbent, bagasse, water quality, pyrolysis

**ABSTRAK**

Ampas tebu merupakan hasil samping industri gula yang mengandung selulosa yang tinggi yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan adsorben. Hasil samping industri gula yang lain yaitu limbah cair yang mengandung polutan yang berbahaya yang dapat merusak ekosistem sungai, adsorben ampas tebu dapat dimanfaatkan untuk mengatasi pencemaran sungai yang disebabkan oleh air limbah industri gula, proses pembuatan adsorben ampas tebu dengan menggunakan metode pirolisis dinilai lebih efektif karena dengan metode ini dapat mengubah rantai lignoselulosa panjang menjadi karbon aktif, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas adsorben ampas tebu yang terbuat dengan metode pirolisis dalam mengatasi pencemaran sungai yang disebabkan oleh air limbah. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode gravimetri untuk pengukuran nilai kadar air dan kadar abu, dan metode perhitungan untuk pengukuran nilai pH dan rendemen. Analisa yang digunakan yaitu analisis kadar air, kadar abu, pH dan rendemen yang nantinya dibandingkan dengan Standar arang menurut SNI 06-4369-1995. Hasil penelitian menunjukkan bahwasannya nilai kadar air dan kadar abu yaitu sebesar 13,92% dan 8,05% yang telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995 mengenai arang aktif. Selain itu diperoleh nilai pH sebesar 9.91 dan rendemen yaitu 5,80% di mana nilai tersebut dipengaruhi karena aktivasi arang aktif dan proses pirolisis yang terjadi pada ampas tebu.

**Kata Kunci:** Adsorben, ampas tebu, kualitas air, pirolisis

## PENDAHULUAN

Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses produksi gula pada industri gula, ketersediaan ampas tebu tersebut semakin melimpah apabila dilihat dari banyaknya pabrik gula tebu yang mulai beroperasi. Berdasarkan dari Data P3GI (Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia) ampas tebu yang dihasilkan pada sekali produksi yaitu sebanyak 32% dari tebu yang digiling. Jumlah ampas tebu yang banyak tersebut seringkali dimanfaatkan dalam industri gula sebagai bahan bakar mesin, bahan baku pembuatan kertas, industri jamur, bahan baku industri kanvas sebanyak 60% dan 40% sisanya ampas tebu tidak dimanfaatkan dan ditimbun begitu saja [1], hal ini akan berdampak terhadap pencemaran lingkungan dan akan merusak ekosistem apabila dibiarkan terus menerus.

Ampas tebu memiliki kandungan selulosa 52,7%, hemiselulosa 20,0% dan lignin 24,2% [2]. Selulosa merupakan polisakarida yang memiliki sifat biokompatibilitas, biodegradable dan cukup ekonomis [3]. Kandungan selulosa yang tinggi pada ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai adsorben karena mampu untuk mengadsorpsi polutan pada air yang mengalami pencemaran, permukaan adsorben ampas tebu memiliki struktur pori lamelar dimana ketika menyerap air limbah, struktur lamelar tersebut secara otomatis tertutup oleh adsorbat sehingga zat toksik terperangkap dalam adsorben dan tidak menyebar lebih jauh [4].

Hasil samping lain pada industri gula yaitu air limbah yang seringkali dibuang ke sungai begitu saja, setiap proses produksi gula sebanyak 6.000 sampai 6.250 TCD (*Ton Cane Per Day*) akan menghasilkan sekitar 800 sampai 900 m<sup>3</sup>/hari limbah cair. Limbah cair industri gula mengandung karbon monoksida, sulfur dioksida, seng (Zn), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan polutan yang berasal dari mesin giling, kebocoran nira tebu, air abu dari unit boiler, *wet scrubber* dan air kondensor [5].

Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengurangi kandungan polutan dari air limbah, seperti koagulasi, kompleksasi, ekstraksi pelarut, pertukaran ion, dan adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan proses penyerapan molekul atau partikel yang terdispersi dalam suatu media oleh permukaan suatu bahan padat. Adsorpsi terjadi ketika molekul atau partikel terlarut (adsorbat) berinteraksi dengan permukaan bahan padat (adsorben) dan tertarik ke permukaan [6]. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa yang tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben sehingga dapat membantu untuk menyerap kandungan polutan yang ada pada air yang tercemar.

Adsorben ampas tebu dapat dihasilkan dengan menggunakan metode pirolisis, metode pirolisis merupakan metode pembakaran dengan kondisi tanpa oksigen yang bertujuan untuk menghasilkan reaksi penguraian dari senyawa kompleks dan menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, gas dan cair [7]. Proses yang terjadi yaitu material mentah mengalami pemecahan struktur di mana energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai menjadi karbon atau arang [8]. Sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas adsorben ampas tebu yang terbuat dengan metode pirolisis dalam mengatasi pencemaran sungai yang disebabkan oleh air limbah.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi dan Manajemen Agroindustri Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Bahan atau sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit alat pirolisis, timbangan digital, pH meter, cawan porselen, oven, tanur dan desikator. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri untuk pengukuran nilai kadar air dan kadar abu, dan metode perhitungan untuk pengukuran nilai pH dan rendemen. Ampas tebu dipisahkan dan dibersihkan dari pengotor secara manual, kemudian ditimbang sebanyak 3 kg dan dipirolisis pada suhu 400 °C dengan selama 2 jam, kemudian diaktivasi dengan NaOH 10%. Arang aktif ampas tebu ditimbang dan dianalisa, yaitu analisa kadar air, kadar abu, pH dan rendemen. Hasil analisa dibandingkan dengan Standar arang menurut SNI 06-4369-1995.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi ampas tebu bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dasar dan kualitas mutu arang hasil pirolisis ampas tebu yang layak digunakan sebagai adsorben meliputi pH, kadar air, kadar abu dan rendemen. Hasil karakteristik adsorben ampas tebu pada Tabel 1.

Table 1. Hasil Karakteristik Adsorben Ampas Tebu

No	Parameter	Nilai Uji	Standar Mutu
1	Kadar Air	13,92	Maks.15
2	Kadar Abu	8,05%	Maks. 10
3	pH	9.91	-
4	Rendemen	5,80%	-

### pH

pH (potensial hidrogen) merupakan pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui

kemampuan daya adsorpsi polutan oleh ampas tebu. pH dapat mempengaruhi kelarutan ion polutan yang ada pada air limbah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwasannya nilai pH yang ada pada adsorben ampas tebu yaitu 9.91, yang menunjukkan bahwasannya adsorben ampas tebu yaitu basa. Hal ini disebabkan pada proses penyerapan terjadi peningkatan konsentrasi ion OH<sup>-</sup> pada pH tinggi [9]. Selulosa dalam ampas tebu mengalami deprotonasi akibat perlakuan aktivasi NaOH sehingga memiliki muatan negative yang mampu menyerap senyawa logam dalam bentuk kation karena adanya perbedaan muatan yang menyebabkan gaya tarik menarik sehingga polutan akan terikat oleh adsorben. Menurut hasil penelitian tinggi Nurafriyanti et al. (2017) bahwa OH<sup>-</sup> yang terkandung dalam selulosa ampas tebu mampu berinteraksi dengan Cr total sehingga terjadi ikatan kovalen yang terbentuk dengan cara penggunaan bersama pasangan electron yang berasal dari salah 1 atom yang berikatan (O).

### Kadar Air

Nilai kadar air menunjukkan sidat higroskopis yang ada pada arang aktif yang dibuat. Metode dalam penentuan kadar air arang aktif adalah metode gravimetri yakni analisis kimia berdasarkan penimbangan perbedaan bobot antara karbon aktif sebelum diuapkan kandungan airnya dengan sesudah dilakukan penguapan [10]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan nilai kadar air arang aktif sebesar 13,92% yang sudah memenuhi standar mutu arang aktif menurut SNI No. 06-3730-1995, yaitu maksimal 15%. Semakin tinggi konsentrasi activator mengakibatkan permukaan arang aktif semakin luas, sehingga kandungan air yang ada dalamporipori karbon akan lepas [11].

Tinggi rendahnya kadar air arang banyak dipengaruhi oleh sifat higroskopis dan porositas dari arang tersebut, selain itu lama penempatan arang pada tempat terbuka pada proses pendinginan juga dapat memengaruhi kadar air arang aktif [11]. Sifat higroskopis dalam arang aktif dapat mempengaruhi kemampuan penyerapannya karena semakin tinggi kadar air yang terikat pada arang aktif maka pori-pori dari arang aktif akan tertutup dan mengakibatkan menurunnya kemampuan adsorpsi [12]. Selain higroskopis, kadar air juga dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara, lama proses pendinginan, penggilingan, dan pengayakan hal ini disebabkan preparasi sampel arang aktif berupa penghalusan dan pengayakan dilakukan padaruang terbuka [13].

### Kadar Abu

Nilai kadar abu menunjukkan kandungan logam oksida yang belum menguap ketika proses pirolisis dan proses aktivasi pada arang aktif. Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui jumlah oksida yang berupa bahan organik maupun mineral yang tidak dapat dibakar atau sisa yang tetap tertinggal setelah pembakaran termasuk kedalam kandungan abu, seperti silika dan oksida [14]. Uji kadar abu yang dihasilkan adalah 8,05 %, arang aktif tersebut sudah sesuai dengan standar SNI 06-0370-1995 bahwa maksimal kadar abu yaitu 10%.

Kandungan abu dalam arang aktif dapat mempengaruhi daya serap terhadap larutan, semakin tinggi kadar abu maka daya serap arang aktif akan semakin rendah [15]. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian [12] bahwa arang aktif yang diaktivasi selama 24 jam memiliki

kadar abu yang lebih rendah dari pada aktivasi selama 12 jam dan menghasilkan daya serap iod sebesar 721,445 mg/g yang lebih besar dibandingkan dengan aktivasi arang selama 12 menghasilkan daya serap terkecil yaitu sebesar 669,226 mg/g. Hasil penelitian yang dilakukan memiliki nilai kadar abu lebih baik dibandingkan dengan hasil arang aktif ampas tebu yang diaktivasi dengan NaCl 15% dan suhu karbonasi 200°C selama 2 jam yang menghasilkan kadarabu 27% [14].

Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan suhu dalam pembuatan karbon yang lebih tinggi yaitu 400°C selama 2 jam dan jenis larutan aktivasi yang digunakan yaitu NaOH 10% selama 24 jam. Menurut penelitian Putri et al. [16] yang menunjukkan bahwa temperatur 400°C menghasilkan kadar abu sebesar 10,37% maka semakin tinggi temperatur karbonisasi akan meningkatkan kadar abu disebabkan senyawa karbon pada ampas tebu terbakar lebih banyak pada temperatur yang tinggi. Proses karbonisasi pada temperatur tinggi dan akan teroksidasi membentuk serbuk abu yang halus [17].

Hal ini didukung oleh hasil penelitian dari Suhendarwati et al. [18] yang menunjukkan bahwa aktivasi 5 jam menggunakan KOH dengan konsentrasi 1M menghasilkan kadar abu yang belum memenuhi standar mutu karbon aktif SNI 06-3730-1995, hal ini disebabkan waktu aktivasi yang kurang lama, sehingga proses pengembangan pori belum dapat terbuka dengan sempurna, sehingga sedikit karbon yang berhasil teraktivasi, serta adanya kandungan pengotor lain yang menyebabkan terbentuknya karbon aktif menjadi terhambat. Peningkatan kualitas tersebut menunjukkan bahwa proses aktivasi menggunakan NaOH telah memberikan pengaruh terhadap hasil aktivasi. Menurut Imani et al. [19] senyawa-senyawa mineral dan senyawa karbon sebagian mineral telah menguap pada saat proses karbonisasi dan aktivasi. Luas permukaan karbon aktif dapat berkurang jika terdapat penyumbatan pada pori-pori yang disebabkan oleh kandungan abu yang berlebihan.

### **Rendemen**

Nilai rendemen menunjukkan jumlah arang aktif dalam setiap gram arang aktif dari beratawal sebelum aktivasi arang dan setelah aktivasi arang, perhitungan nilai rendemen yang telah dilakukan diketahui nilai rendemen yaitu 5,80%. Hasil penelitian Harsusanti et al., [15] menunjukkan bahwa peningkatan suhu proses pengarangan mempengaruhi rendemen yang dihasilkan, suhu pengarangan 600°C memiliki rendemen 16% sedangkan suhu pengarangan 800°C menghasilkan rendemen yang lebih rendah yaitu 11,62%. Sehingga hal tersebut menunjukkan bahwasannya semakin tinggi suhu yang digunakan maka hasil rendemen yang dihasilkan semakin rendah dan hal ini akan berpengaruh terhadap daya serap adsorben yang semakin menurun.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sahara et al. [12] semakin meningkatnya kadar abu maka daya serap dari adsorben tersebut akan semakin menurun. Selain itu, menurut dihasilkan semakin lama waktu aktivasi yang dilakukan semakin kecil rendemen arang aktif yang dihasilkan. Semakin menurunnya rendemen arang aktif dapat disebabkan karena semakin lama waktu aktivasi. Semakin lama waktu aktivasi, arang yang bereaksi dengan aktivator juga akan semakin lama, sehingga semakin banyak pengotor yang dibersihkan pada pori-pori arang dan menyebabkan rendahnya rendemen arang aktif yang dihasilkan.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwasan arang aktif yang dihasilkan dari ampas tebu dapat digunakan sebagai adsorben pada pencemaran air limbah yang terjadi di sungai. Hasil penelitian menunjukkan bahwasannya nilai kadar air dan kadar abu yaitu sebesar 13,92% dan 8,05% yang telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995 mengenai arang aktif. Selain itu diperoleh nilai pH sebesar 9,91 dan rendemen yaitu 5,80% di mana nilai tersebut dipengaruhi karena aktivasi arang aktif dan proses pirolisis yang terjadi pada ampas tebu.

### **ACKNOWLEDGMENT**

Artikel ini dapat tersusun dengan baik karena berkat bantuan, bimbingan dan saran-saran serta masukan dari berbagai pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, penulis

mengucapkan terima kasih kepada Tuhan yang Maha Kuasa, karena berkat Rahmat dan Rahman-Nya penulis dapat menyelesaikan artikel ini, kepada Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember yang telah memwadahi penulis untuk menimba ilmu, kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mendanai penulis untuk menyelesaikan penelitian ini sebagai ajang dalam kompetisi Pekan Kreativitas Mahasiswa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. A. Pane, R. Dewi, Z. Zulnazri, S. Sulhatun, and R. Nurlaila, "Pembuatan Glukosa Dari Ampas Tebu Dengan Proses Hidrolisis," *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, vol. 2, no. 5, p. 54, 2023, doi: 10.29103/cejs.v2i5.7955.
- [2] A. S. D. S. N. Hidayati, S. Kurniawan, N. W. Restu, and B. Ismuyanto, "Potential of Sugar Cane as An Alternative Raw Material for Making Activated Carbons," *Natural-B*, vol. 3, no. 4, pp. 318–322, 2016, doi: 10.21776/ub.natural-b.2016.003.04.8.
- [3] I. Desianna, C. A. Putri, I. Yulianti, and Sujarwata, "Selulosa Kulit Jagung sebagai Adsorben Logam Cromium (Cr) pada Limbah Cair Batik," *Unnes Physics Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 19–24, 2017.
- [4] S. L. Sahendra, R. A. Hamsyah, and K. Sa'diyah, "Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu," *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, vol. 4, no. 1, p. 31, 2021, doi: 10.25273/cheesa.v4i1.8416.31-38.
- [5] E. I. Rhofita and A. E. Russo, "Efektifitas Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Gula di Kabupaten Kediri dan Kabupaten Sidoarjo Effectiveness Performance of Sugar Cane Industry Waste Water Treatment (WWTP) in Kediri and Sidoarjo Regency," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 20, no. 2, pp. 235–242, 2019.
- [6] M. R. Harahap, L. D. Amanda, and A. H. Matondang, "Analisis Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) Pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS," *Amina*, vol. 2, no. 2, pp. 79–83, 2020.
- [7] K. Ridhuan, D. Irawan, and R. Inthifawzi, "Pyrolysis Combustion Process with Biomass Type and Characteristics of The Liquid Smoke Produced," *Turbo*, vol. 8, no. 1, pp. 69–78, 2019.
- [8] R. Hasibuan and H. M. Pardede, "Pengaruh Suhu dan Waktu Pirolisis terhadap Karakteristik Arang dari Tempurung Kelapa," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 12, no. 1, pp. 46–53, 2023, doi: 10.32734/jtk.v12i1.8534.
- [9] Nurafriyanti, N. Stiyati Prihatini, and I. Syaughiah, "Effect of Variation of pH and Adsorbent Weight in Cr Total Reduction In Artificially Waste Using Tea Leaves Dregs Adsorbents," *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 3, no. 1, pp. 56–65, 2017.
- [10] V. (Verayana) Verayana, M. (Mardjan) Papatungan, and H. (Hendri) Iyabu, "Pengaruh Aktivator HCl dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb)," *Jambura Journal of Educational Chemistry*, vol. 13, no. 1, pp. 67–75, 2018.
- [11] T. F. Adawi, I. M. L. Aji, and D. S. Rini, "Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) Terhadap Kualitas Arang Aktif Cabang Bambu Duri (Bambusa blumeana BI. Ex. Schult. F.)," *Jurnal Penelitian Kehutanan Faloak*, vol. 5, no. 1, pp. 62–73, 2021, doi: 10.20886/jpkf.2021.5.1.62-73.
- [12] Sahara, Resyana, and Laksimawati, "Optimasi Waktu Aktivasi Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gumitir Dengan Aktivator NaOH," *Jurnal Kimia*, vol. 14, no. 1, pp. 63–70, 2020.
- [13] S. Wibowo, W. Syafii, and G. Pari, "Karakteristik Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn) (The Properties of Activated Charcoal from Nyamplung Shell (*Calophyllum inophyllum* Linn)), " *JURNAL Penelitian Hasil Hutan*, vol. 28, no. 1, pp. 43–54, 2010.
- [14] I. Nurhayati, J. Sutrisno, and M. S. Zainudin, "Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Aktivasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Ampas Tebu Dan Fungsinya Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Laboratorium," *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, vol. 16, no. 1, pp. 62–71, 2018, doi: 10.36456/waktu.v16i1.1491.
- [15] Harsusanti, F. T. Wulandari, and D. S. Rin, "Karakteristik Arang Aktif Ampas Tebu (Sacharum

- officinarum, linn.) Menggunakan Aktivasi Fisika,” no. July, pp. 1–23, 2020.
- [16] R. W. Putri, S. Haryati, and Rahmatullah, “Pengaruh suhu karbonisasi terhadap kualitas karbon aktif dari limbah ampas tebu,” *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 25, no. 1, pp. 1–4, 2019, doi: 10.36706/jtk.v25i1.13.
- [17] S. Haryati, A. T. Yulhan, and L. Asparia, “Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron*) yang Berasal Dari Tanjung Api-Api Sumatera Selatan,” *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 23, no. 2, pp. 77–86, 2017.
- [18] L. Suhendarwati, B. Suharto, and L. Dewi Susanawati, “Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi,” *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 1, no. 1, pp. 19–25, 2013.
- [19] A. Imani, T. Sukwika, and L. Febrina, “Karbon Aktif Ampas Tebu Sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang,” *J Teknol*, vol. 13, no. 1, pp. 33–42, 2021.