

Research Article

Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu

Wastewater Treatment of Sugar Factory Using Cow Dung and Bagasse as Adsorbent

Surahman Latif Sahendra¹⁾, Ridha Aulia Hamsyah¹⁾, Khalimatus Sa'diyah^{1*)}

¹⁾Politeknik Negeri Malang, D3 Teknik Kimia, Indonesia

*correspondence email: khalimatus22@gmail.com

Received: 21/01/2021; Revised: 12/04/2021; Accepted: 20/04/2021;

doi: 10.25273/cheesa.v4i1.8416.31-38

Abstrak

Limbah cair seringkali dibuang ke sungai tanpa pengolahan yang memadai sehingga bahan-bahan organik yang terkandung di dalamnya cukup tinggi yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Adsorpsi merupakan salah satu cara untuk mengurangi kandungan bahan-bahan organik pada limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio massa dan waktu kontak adsorben campuran dari kotoran sapi dan ampas tebu terhadap parameter pengolahan limbah cair pabrik gula. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah nilai COD, BOD, TSS, dan pH. Variasi rasio massa adsorben terhadap volume air limbah yaitu 1%, 2%, 3%, 4%, sedangkan variasi waktu kontak adsorben terhadap sampel air limbah adalah 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Penurunan nilai COD dan TSS terbaik pada rasio adsorben 3% dan waktu kontak 3 jam. Nilai BOD mengalami kenaikan pada semua variabel tetapi tidak melebihi baku mutu limbah cair. Hasil penelitian terbaik diperoleh nilai COD 12 mg/L, TSS 26,67 mg/L, pH 6 dan BOD 28,72 mg/L.

Kata kunci: adsorpsi; ampas tebu; kotoran sapi; pengolahan limbah cair

Abstract

Wastewater is often disposed of into rivers without adequate treatment so that the organic materials contained in it are high enough to cause negative impacts on the environment. Adsorption is one way to reduce the content of organic materials in wastewater. This study aims to determine the effect of the mass ratio and contact time of the mixed adsorbent of cow dung and bagasse on the processing parameters of sugar factory liquid waste. In this study, the analysis carried out were the values of COD, BOD, TSS, and pH. The research variable of the adsorbent mass ratio was 1%, 2%, 3%, 4%. Variations in contact time are 1 hour, 2 hours, 3 hours, 4 hours. The best decrease in COD and TSS values was at 3% adsorbent ratio and 3 hours contact time. The BOD value increased in all variables but did not exceed the liquid waste quality standard. The best research results obtained COD values of 12 mg/L, TSS 26.67 mg/L, pH 6 and BOD 28.72 mg/L.

Keywords: adsorption; bagasse; cow dung; wastewater treatment

Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu

1. Pendahuluan

Perkembangan industri gula di Indonesia membawa dampak yang dapat membahayakan lingkungan akibat limbah yang dihasilkan. Menurut Sahu [1], tanpa adanya pengolahan, air limbah industri gula merupakan sumber bau, lalat, nyamuk, virus yang ditularkan melalui air, yang berperan sebagai media untuk berbagai penyakit. Kebutuhan oksigen yang tinggi dalam limbah mempengaruhi kesuburan tanah seperti pertumbuhan tanaman dan perkecambahan biji serta kehidupan akuatik. Kehadiran nitrogen dan fosfor dalam air limbah industri gula juga menyebabkan produksi alga mekar dan pertumbuhan tanaman di sungai, kolam, danau, dan waduk.

Salah satu proses pengolahan limbah cair yang dapat diterapkan yaitu dengan metode adsorpsi karena memiliki banyak keuntungan, seperti biaya proses yang rendah, mudah diterapkan, memungkinkan penggunaan dalam sistem *batch*, proses kontinuitas, dan penggunaan kembali adsorben [2][3].

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh zat padat (adsorben) terhadap zat pencemar (adsorbat). Adsorpsi dapat terjadi pada fase cair maupun gas. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, sehingga banyaknya penyerapan zat pencemar tergantung pada luas permukaan adsorben [4][5].

Pembuatan adsorben dapat dilakukan melalui proses karbonisasi sehingga diperoleh arang. Arang hasil karbonisasi selanjutnya diaktivasi untuk memperbesar luas permukaan. Aktivasi yaitu suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat,

baik fisika maupun kimia yang mempengaruhi daya adsorpsi [6][7].

Aktivasi secara kimia menggunakan H_2SO_4 2N untuk menambah daya serap adsorben. Sa'diyah dkk. [8] menyebutkan bahwa aktivasi adsorben menggunakan H_2SO_4 2N terhadap adsorben memiliki daya serap yang cukup tinggi sebesar 60,59%.

Menurut Kaur dkk. [9] dan Chingono dkk. [10], adsorben dari kotoran sapi dan bagas tebu memiliki efisiensi terhadap penurunan kadar COD dalam limbah cair industri gula masing masing sebesar 79% dan 72%. Fito dkk. [11] juga menyebutkan bahwa efisiensi penyerapan adsorben dari bagas tebu terhadap COD sebesar 75,5%. Oleh sebab itu, pemanfaatan adsorben dari campuran kotoran sapi dan ampas tebu dapat menjadi alternatif baru untuk pengolahan limbah cair pabrik gula.

Pengolahan limbah cair ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio dan waktu kontak adsorben terhadap kadar polutan pada limbah cair industri gula. Selain itu, dilakukan uji morfologi adsorben sebelum dan sesudah proses adsorpsi dengan metode SEM (*scanning electron microscope*).

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi oven, serangkaian alat *reflux*, serangkaian alat titrasi, serangkaian alat *vacuum filtration*, botol winkler, inkubator, dan alat SEM TM3000.

Bahan utama (air limbah pabrik gula yang diambil dari PG. Pesantren Baru, kotoran sapi, ampas tebu), bahan pendukung (H_2SO_4 2N, akuades), bahan uji COD ($K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 yang mengandung Ag_2SO_4 , ferro amonium sulfat), bahan uji

Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu

BOD (MnSO₄, alkali-iodida, H₂SO₄, amilum, Na₂S₂O₃ 0,025 N, akuades).

2.2 Pembuatan Adsorben

Kotoran sapi dan ampas tebu dikeringkan dengan sinar matahari selama 2 hari dan ditimbang untuk mengetahui massa awal sebelum dilakukan proses karbonisasi secara terpisah dengan Oven pada suhu 250 °C. Setelah dikarbonisasi, kotoran sapi dan ampas tebu diayak dengan ayakan ukuran 73 mesh.

Selanjutnya kotoran sapi dan ampas tebu dicampur dengan rasio 1:1 dan diaktivasi dengan cara perendaman menggunakan H₂SO₄ 2N selama 5 jam. Setelah direndam, adsorben dicuci dengan akuades hingga pH netral (6-7) dan dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 150 °C selama 1 jam. Setelah kering, dilakukan pengayakan kembali dengan ukuran ayakan 45 mm.

2.3 Adsorpsi Limbah Cair Pabrik Gula

Sampel air limbah sebanyak 500 mL ditambahkan adsorben teraktivasi dengan komposisi kotoran sapi dan ampas tebu 1 : 1 dengan variasi rasio massa adsorben 1%, 2%, 3%, dan 4% terhadap volume sampel. Sampel kemudian diaduk dengan agitator pada kecepatan 100 rpm. Variasi lama pengadukan yaitu selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Sampel didiamkan hingga terjadi pengendapan. Sampel diambil dan dilakukan analisis.

2.4 Analisis Limbah Cair Pabrik Gula

Setelah Adsorpsi

Parameter yang digunakan untuk analisis limbah cair hasil adsorpsi meliputi nilai COD yang dihitung melalui metode *reflux*, nilai TSS dengan metode gravimetri, BOD dengan metode uji oksigen terlarut secara iodometri dan pH.

Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan menggunakan alat Hitachi TM3000 yang bertempat di Laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang untuk mengetahui morfologi dari adsorben yang digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Awal Limbah Cair

Analisis awal yang dilakukan adalah mengukur parameter limbah cair meliputi kadar COD, TSS, BOD, dan pH.

Tabel 1. Kandungan Limbah Cair Pabrik Gula Sebelum Proses Pengolahan

No	Parameter	Sebelum Pengolahan	Permen LH Nomor 5 Tahun 2014
1	Kadar COD (mg/L)	276,00	100
2	Kadar TSS (mg/L)	746,67	50
3	Kadar BOD (mg/L)	18,10	60
4	Nilai pH	6	6

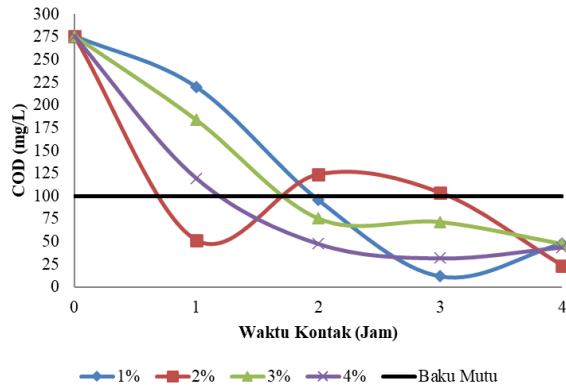
Berdasarkan analisis limbah cair pabrik gula sebelum dilakukan adsorpsi, menunjukkan bahwa kadar COD dan kadar TSS melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014. Oleh sebab itu, diperlukan pengolahan kembali terhadap sampel air limbah yang digunakan.

3.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia [12]. Gambar 1 menunjukkan pengaruh variasi waktu kontak dan rasio adsorben terhadap penurunan COD limbah cair pabrik gula. Kandungan awal COD pada limbah cair pabrik gula sebelum pengolahan adalah sebesar 276 mg/L. Kandungan tersebut

Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu

masih diatas baku mutu air limbah industri gula KLHK No. 5 Tahun 2010, sehingga kandungan COD tersebut harus dikurangi dengan cara adsorpsi.



Gambar 1. Nilai COD Limbah Cair Pabrik Gula dengan Pengolahan Menggunakan Metode Adsorpsi

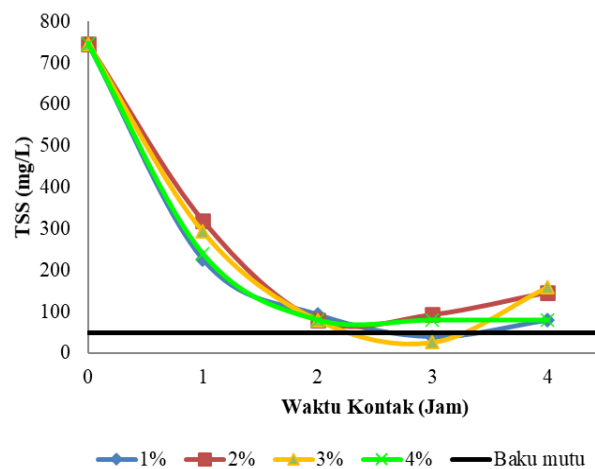
Menurut Gaikwad & Mane [13], kemampuan adsorpsi cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu kontak dan banyaknya adsorben. Berdasarkan hasil yang diperoleh semakin banyak rasio adsorben dan waktu kontak yang semakin lama tidak menentukan semakin besarnya penurunan COD dari limbah cair pabrik gula. Hal ini dikarenakan ada beberapa kemungkinan, yang pertama, semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan setimbang. Kedua, kadar air dan zat mudah menguap yang terkandung di dalam adsorben dapat mempengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat karena pori-pori adsorben tertutup sehingga adsorpsi tidak berlangsung secara optimal [10].

Rasio adsorben 1% dan waktu kontak 3 jam dipilih sebagai kondisi operasi terbaik dengan konsentrasi COD setelah adsorpsi adalah 12 mg/L dan persentase penyerapan 95,65%. Konsentrasi tersebut sudah berada dibawah standar yang diizinkan berdasarkan

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah Industri Gula Kapasitas Produksi 2500–10.000 Ton/hari, yaitu sebesar 100 mg/L.

3.3 Total Suspended Solid (TSS)

TSS adalah jumlah padatan tersuspensi yang terkandung dalam air limbah. TSS juga digunakan sebagai parameter untuk mengukur kualitas air. Gambar 2 menunjukkan pengaruh variasi waktu kontak dan rasio adsorben terhadap penurunan TSS limbah cair pabrik gula. Kandungan TSS pada limbah cair pabrik gula sebelum pengolahan adalah sebesar 746,667 mg/L. Kandungan tersebut masih diatas baku mutu air limbah industri gula Permen HK No. 5 Tahun 2014.



Gambar 2. Nilai TSS Limbah Cair Pabrik Gula dengan Pengolahan Menggunakan Metode Adsorpsi

Penurunan TSS dengan beberapa variasi waktu kontak dan rasio adsorben mengalami penurunan yang sangat signifikan. Penurunan TSS terbaik terjadi pada rasio adsorben 3% dan waktu kontak selama 3 jam dengan kandungan TSS sebesar 26,670 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 96,428%. Hasil ini telah

Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu

memenuhi baku mutu air limbah industri gula untuk kadar TSS maksimal sebesar 50 mg/L.

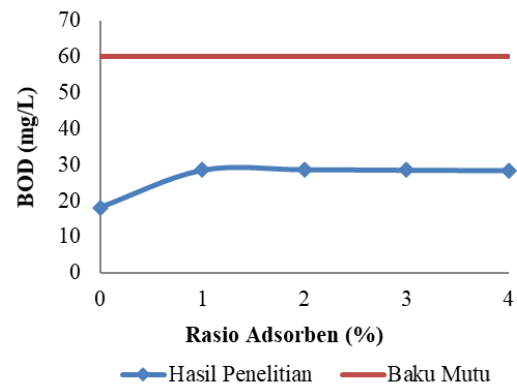
Kandungan TSS tidak sesuai dengan baku mutu terjadi pada rasio adsorben 2% dan 3% dengan waktu kontak selama 4 jam dapat disebabkan karena beberapa kemungkinan. Pertama, adsorben belum mengendap sempurna saat dilakukan dekantasi, sehingga beberapa material dapat menambah berat kertas saring. Kedua, adsorben yang digunakan mengalami masa jenuh sehingga tidak dapat menyerap padatan tersuspensi di dalam limbah tersebut, hal ini dapat menyebabkan material yang telah terserap oleh adsorben dapat terlepas kembali karena adanya pengadukan [14].

3.4 Biological Oxygen Demand (BOD)

Analisis BOD dilakukan dengan rentang waktu selama 5 hari. BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan buangan yang terkandung dalam air limbah, BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang diperlukan sehingga jika nilai BOD yang besar dapat menjadi acuan bahwa pencemaran pada air limbah tersebut juga besar [15]. Gambar 3 menunjukkan rasio adsorben campuran terhadap kadar BOD limbah cair pabrik gula dengan keempat rasio adsorben.

Nilai BOD sebelum dilakukan proses absorpsi yaitu sebesar 18,10 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian, nilai BOD pada waktu kontak 4 jam mengalami kenaikan maksimal sebesar 36% yaitu 28,72 mg/L pada rasio adsorben sebesar 2%. Namun, nilai BOD tersebut masih dibawah baku mutu air limbah industri

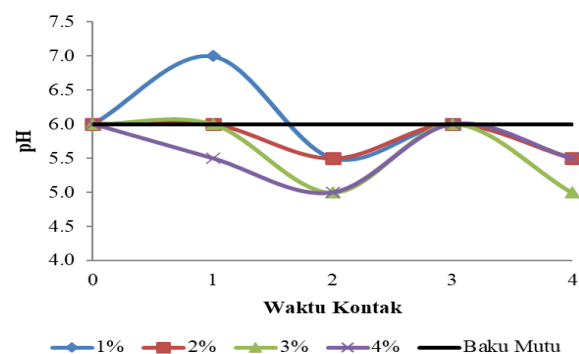
gula menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Kenaikan nilai BOD tersebut dapat disebabkan oleh adanya polutan zat organik yang masih terkandung dalam adsorben dari kotoran sapi dan ampas tebu yang digunakan.



Gambar 3. Pengaruh Rasio Adsorben Campuran Terhadap Kadar BOD Limbah Cair Pabrik Gula.

3.5 Nilai pH

Salah satu parameter baku mutu limbah cair pabrik gula menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 adalah kandungan pH. Gambar 4 menunjukkan pengaruh variasi waktu kontak dan rasio adsorben terhadap nilai pH limbah cair pabrik gula.



Gambar 4. Nilai pH Limbah Cair Pabrik Gula dengan Pengolahan Menggunakan Metode Adsorpsi

Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu

Gambar 4 menunjukkan bahwa keempat rasio menunjukkan hasil yang fluktuatif. Pada waktu kontak 1 jam dan 2 jam, nilai pH dari seluruh sampel cenderung mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan karena adsorben masih bersuasana asam meskipun telah dilakukan pencucian berulang-ulang.

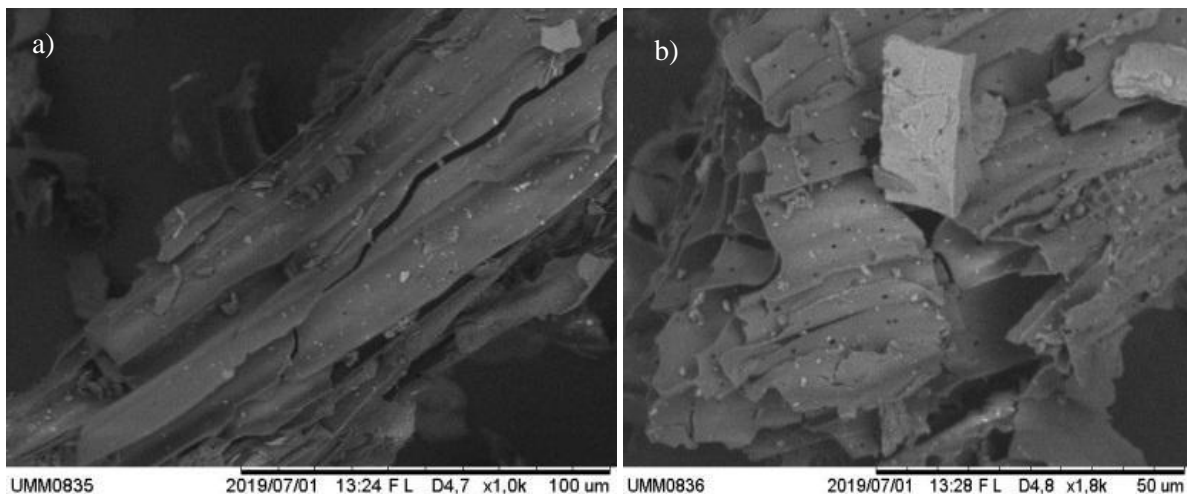
Kondisi operasi terbaik terjadi pada variasi waktu kontak selama 3 jam, karena keempat rasio memiliki nilai pH 6 dan sesuai dengan standar minimum baku mutu untuk nilai pH air limbah industri gula. Dapat disimpulkan bahwa pada waktu kontak 3 jam proses adsorpsi berlangsung optimal. Namun pada waktu kontak 4 jam, pH sampel dari keempat rasio kembali mengalami penurunan, hal ini dapat terjadi karena adsorben mengalami penurunan kemampuan adsorpsi karena lapisan luar pada adsorben telah jenuh sehingga tidak mampu mengadsorpsi senyawa organik/ion yang ada dalam limbah cair [16]. Selain itu

adanya pengadukan juga berdampak pada lepasnya polutan/ion yang terjerap di pori-pori adsorben, sehingga kondisi operasi tidak ideal.

3.6 Uji SEM pada Adsorben

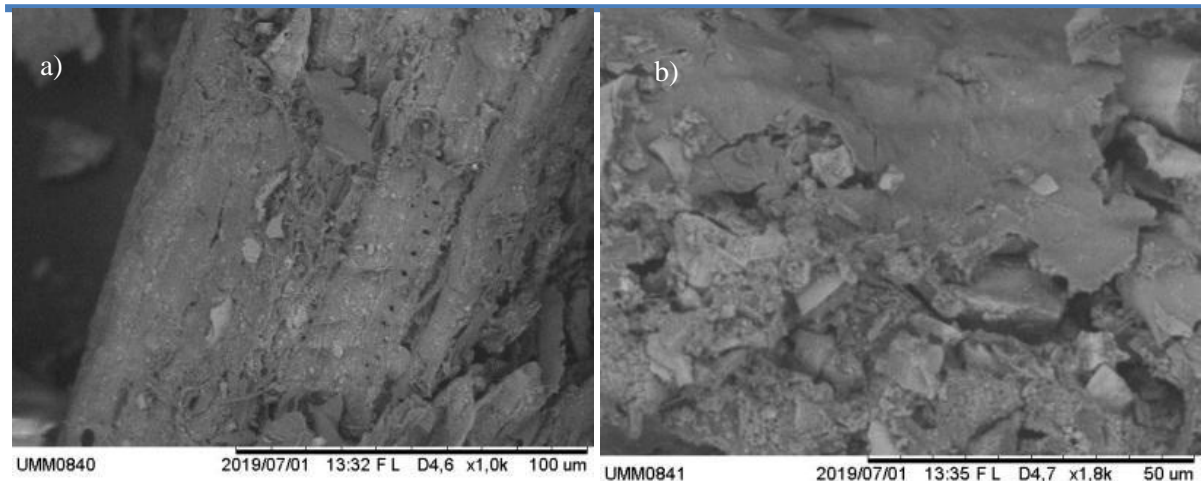
SEM digunakan untuk mengamati permukaan material/bahan tertentu dengan tujuan mendapatkan bentuk lebih detail (struktur mikro dan makro material). Sampel yang diujikan adalah adsorben teraktivasi sebelum proses adsorpsi dan sesudah proses adsorpsi. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Gambar 5 dan Gambar 6.

Gambar 5 menunjukkan bahwa permukaan adsorben memiliki struktur pori berbentuk lamelar. Setelah digunakan untuk melakukan adsorpsi limbah cair industri gula, struktur lamelar tersebut tertutup oleh adsorbat (Gambar 6).



Gambar 5. Mikrograf SEM adsorben teraktivasi H_2SO_4 2 N sebelum adsorpsi (a) perbesaran 1000x, (b) perbesaran 1800x

Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu



Gambar 6. Mikrograf SEM adsorben campuran teraktivasi H_2SO_4 2 N sesudah adsorpsi (a) perbesaran 1000x, (b) perbesaran 1800x

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengolahan limbah cair pabrik gula menggunakan abu kotoran sapi dan ampas tebu teraktivasi sebagai adsorben yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa variasi rasio adsorben campuran 3% pada pengolahan limbah cair pabrik gula adalah yang paling optimum. Hal ini dapat diketahui bahwa kadar COD, kadar TSS,

kadar BOD, dan nilai pH yang dihasilkan masing-masing telah sesuai dengan baku mutu industri gula dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Selain itu, waktu kontak paling baik untuk proses adsorpsi menggunakan adsorben campuran dari kotoran sapi dan ampas tebu teraktivasi diperoleh selama 3 jam.

Daftar Rujukan

- [1] Sahu, O. (2019). Electro-oxidation and chemical oxidation treatment of sugar industry wastewater with ferrous material: An investigation of physicochemical characteristic of sludge. *South African Journal of Chemical Engineering*, 28(January), 26–38. doi: 10.1016/j.sajce.2019.01.004
- [2] Tomasz, K., Anna, K., & Ryszard, C. (2019). Effective adsorption of lead ions using fly ash obtained in the novel circulating fluidized bed combustion technology. *Microchemical Journal*, 145, 1011–1025. doi: 10.1016/j.microc.2018.12.005
- [3] Rohmah, D. M. (2017). *Pengolahan Limbah Cair Industri Gula dengan Koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride) dan Flokulan Organoclay {Bentonit-PolyDADMAC(Polydiallyldimethylammonium Chloride)}*. Skripsi: Kimia, UIN Sunan Kalijaga, Retrieved from <https://digilib.uin-suka.ac.id/26752/>
- [4] Prahutama, P., & Purnomo, Y. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Adsorpsi Abu Terbang Bagas. *JURNAL ENVIROTEK*, 10. doi: 10.33005/envirotek.v10i1.1152
- [5] Jamilatun, S., & Setyawan, M. (2014). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri*, 12(1), 73. doi: 10.12928/si.v12i1.1651
- [6] Lakdawala, M. M., & Patel, Y. S. (2012). The effect of low cost material Bagasse Fly ash to the removal of COD Contributing component of combined waste water of Sugar Industry. *Scholars Archives of Applied Science Research*, 4(2), 852–857, Retrieved from <https://www.scholarsresearchlibrary.com/abstract/the-effect-of-low-cost-material-bagasse-fly->

Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu

-
- ash-to-the-removal-of-cod-contributing-component-of-combined-waste-water-of--1872.html
- [7] Rakholiya, V. V., & Puranik, S. A. (2012). COD reduction using modifying industrial effluent treatment flowsheet and low cost adsorbent as a part of cleaner production. *Advances in Applied Science Research*, 3(3), 1279–1291, Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/COD-reduction-using-modifying-industrial-effluent-a-Rakholiya-Puranik/bf04c436515c95f780c05deef44bdf164256fb02>
- [8] Sa'diyah, K., Lusiani, C. E., Chrisnandari, R. D., Witasari, W. S., Aula, D. L., & Triastutik, S. (2020). Pengaruh Proses Aktivasi Kimia Terhadap Karakteristik Adsorben dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.). *Jurnal Chemurgy*, 4(1), 18. doi: 10.30872/cmg.v4i1.4074
- [9] Kaur, K., Mor, S., & Ravindra, K. (2016). Removal of chemical oxygen demand from landfill leachate using cow-dung ash as a low-cost adsorbent. *Journal of Colloid and Interface Science*, 469, 338–343. doi: 10.1016/j.jcis.2016.02.025
- [10] Chingono, K. E., Sanganyado, E., Bere, E., & Yalala, B. (2018). Adsorption of sugarcane vinasse effluent on bagasse fly ash: A parametric and kinetic study. *Journal of Environmental Management*, 224(April), 182–190. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.07.042
- [11] Fito, J., Tefera, N., & Van Hulle, S. W. H. (2017). Adsorption of distillery spent wash on activated bagasse fly ash: Kinetics and thermodynamics. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(6), 5381–5388. doi: 10.1016/j.jece.2017.10.009
- [12] Pandia, S., Siahaan, A. D. Y., & Hutagalung, A. T. (2017). Pemanfaatan Adsorben Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Untuk Menurunkan Chemical Oxygen Demand Pada Palm Oil Mill Effluent Utilization Of Adsorbent From Cocoa Peel (*Theobroma cacao* L.) To Reduce Chemical Oxygen Demand In Palm Oil Mill Efflu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(3), 34–40. doi: 10.32734/jtk.v6i3.1587
- [13] Gaikwad, S., & Mane, S. J. (2015). Reduction of Chemical Oxygen Demand by using Coconut Shell Activated Carbon and Sugarcane Bagasse Fly Ash. *International Journal of Science and Research*, 4(7), 642–645. Retrieved from https://www.ijsr.net/get_abstract.php?paper_id=SUB156365
- [14] Estikarini, H. D., Hadiwidodo, M., & Luvita, V. (2016). Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Tekstil dengan Metode Ozonasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1).
- [15] Wirosoedarmo, R., Haji, A. T. S., & Hidayati, E. A. (2018). Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Kontak pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk Menurunkan BOD dan COD. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 3(2), 31–38.
- [16] Siregar, R. D., Zaharah, T. A., & Wahyuni, N. (2015). Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Menggunakan Arang Aktif Biji Kapuk (*Ceiba Petandra*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(2), 62–66. Retrieved from <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/9724/9496>