DISTILAT
Jurnal Teknologi Separasi

Distilat. 2025, 11 (1), 01-09
p-ISSN : 1978-8789, e-ISSN : 2714-7649
http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/distilat
DOI: https://doi.org/10.33795/distilat.v11i1.6893

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEKSTIL DENGAN MEMANFAATKAN TONGKOL JAGUNG SEBAGAI KARBON AKTIF MENGGUNAKAN AKTIVATOR NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH)

Larisa Maharani Susanto[1], Arief Rahmatulloh[1], Saifudin Juli Endarto[2]
[1]Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
[2] PT Behaestex Jl. Gunung Gangsir Dusun Wangi, Bareng, Sumberejo, Kec. Pandaan, Pasuruan, Jawa Timur 67156, Indonesia
larisamaharani28@gmail.com; [arief1289@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Indonesia memiliki beragam aktivitas industri, dan hampir semua kegiatan industri tersebut menghasilkan berbagai jenis limbah termasuk limbah padat, limbah cair, limbah gas, serta limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Terutama hal ini berlaku pada industri tekstil PT Behaestex, industri ini sering memanfaatkan zat pewarna untuk menciptakan warna pada produksi pembuatan sarung. Terdapat berbagai cara dalam penanggulangan masalah limbah cair tekstil baik secara fisika maupun kimia, salah satunya adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan salah satu metode penyerapan fluida, cairan maupun gas dimana zat terserap (adsorbat) terikat oleh zat penyerap (adsorben) pada permukaannya. Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai adsorben adalah tongkol jagung. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis efektivitas adsorben tongkol jagung yang diaktivasi dengan natrium hidroksida (NaOH) dalam mengurangi nilai kadar warna (PtCo), TSS, dan COD pada pengolahan limbah cair industri. Variabel yang dianalisis meliputi waktu aktivasi tongkol jagung dengan NaOH serta massa adsorben tongkol jagung setelah proses aktivasi. Metode yang digunakan adalah adsorpsi batch dengan kecepatan pengadukan 250 rpm. Analisis yang dilakukan meliputi uji daya serap iodin, pengujian TSS, COD, serta pengukuran kadar warna (PtCo). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari tongkol jagung efektif dalam mengurangi nilai TSS dan COD dalam limbah cair tekstil. Penurunan nilai COD dan TSS terbesar terjadi pada karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH selama 48 jam dengan massa adsorben 200 gram.

***Kata kunci**: adsorbsi, adsorben, limbah, NaOH, tongkol jagung*

ABSTRACT

Indonesia has a variety of industrial activities, and almost all of them produce various types of waste including solid waste, liquid waste, gas waste, and hazardous and toxic waste. Especially this applies to the textile industry of PT Behaestex, this industry often utilizes dyes to create colors in their sarong making production. Various ways of overcoming the problem of textile liquid waste both physically and chemically, one of which is adsorption. Adsorption is one method of fluid, liquid or gas absorption where the absorbed substance (adsorbate) is bound by an absorbent substance (adsorbent) on its surface. One of the materials that can be used as an adsorbent is corn cob. This study aims to evaluate and analyze the effectiveness of corn cob adsorbent activated with sodium hydroxide (NaOH) in reducing the value of color content (PtCo), TSS, and COD in industrial wastewater treatment. The variables analyzed include the activation time of corn cob with NaOH and the mass of corn cob adsorbent after the activation process. The method used was batch adsorption with a stirring speed of 250 rpm. The analysis included iodine absorption test, TSS, COD, and color content measurement (PtCo). The results showed that

Corresponding author: Arief Rahmatulloh
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
E-mail: arief1289@polinema.ac.id

activated carbon from corn cob was effective in reducing TSS and COD values in textile wastewater. The largest decrease in COD and TSS values occurred in activated carbon activated with NaOH for 48 hours with an adsorbent mass of 200 grams.

***Keywords**: adsorption, adsorbent, waste, NaOH, corn cob*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki beragam aktivitas industri, dan hampir semua kegiatan industri tersebut menghasilkan berbagai jenis limbah termasuk limbah padat, limbah cair, limbah gas, serta limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) [1]. Oleh karena itu, industri di indonesia harus berusaha mengurangi dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh limbah tersebut. Terutama hal ini berlaku pada industri tekstil PT Behaestex, industri ini sering memanfaatkan zat pewarna untuk menciptakan warna pada produksi pembuatan sarung mereka. Pengolahan limbah diperlukan untuk mengubah sifat dan komposisi limbah, agar dapat menghilangkan atau mengurangi bahaya yang ditimbulkannya dan memastikan limbah tersebut memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, sehingga aman untuk dibuang ke Sungai [2].

Terdapat berbagai cara dalam penanggulangan masalah limbah cair tekstil baik secara fisika maupun kimia, salah satunya adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan salah satu metode penyerapan fluida, cairan maupun gas dimana zat terserap (adsorbat) terikat oleh zat penyerap (adsorben) pada permukaannya [3]. Karbon aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yakni karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi adalah proses pengeringan di lingkungan yang tidak mengandung oksigen atau bahan kimia tambahan, sementara aktivasi diperlukan untuk mengubah produk karbonisasi menjadi adsorben dengan luas permukaan yang lebih besar [4].

Pada penelitian ini menggunakan adsorben karbon aktif, pada dasarnya dapat dibuat dari berbagai bahan yang mengandung karbon, baik dari tumbuhan, hewan, maupun mineral. Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai adsorben adalah tongkol jagung. Tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang memiliki potensi besar untuk dijadikan karbon aktif. Limbah ini mengandung kadar unsur karbon dan hidrogen yang tinggi, dengan nilai kalor antara 14,7 hingga 18,9 MJ/Kg [5] dan memiliki kadar abu yang rendah (0,91%) [6]. Dilakukan aktivasi pada adsorben agar daya serap meningkat. Aktivasi adalah proses perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori-pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul pada permukaan arang. Menurut penelitian Swastha (2010), salah satu metode efektif untuk menurunkan kadar BOD dan COD dalam limbah tahu adalah dengan menggunakan arang aktif yang dibuat dari bonggol jagung karena kandungan selulosa dan hemiselulosanya yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar BOD menurun sebesar 101,18 mg/L, sementara kadar COD menurun sebesar 22,72 mg/L [7].

Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan tongkol jagung sebagai adosorben yang diaktivasi dengan NaOH pada limbah cair industri tekstil. Penelitian ini akan menguji variasi waktu aktivasi dan massa adsorben untuk menentukan efektivitas daya serap yang optimal selama proses adsorbsi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen menggunakan proses adsorpsi secara batch guna memperoleh hasil terbaik dalam hal memenuhi nilai kadar

warna (PtCo), COD dan TSS sesuai dengan baku yang telah ditetapkan pemerintah. Dalam proses ini, adsorben diaktivasi menggunakan NaOH selama 24 jam dan 48 jam, dengan variasi massa adsorben sebesar 150 gram, 175 gram, dan 200 gram untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan tongkol jagung.

2.1. Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung

Tahap awal yang dilakukan adalah membersihkan tongkol jagung dan mengeringkannya di bawah sinar matahari. Setelah itu, tongkol jagung dioven pada suhu 100°C selama satu jam hingga benar-benar kering. Setelah itu, tongkol jagung yang sudah kering diayak menggunakan ayakan berukuran ± 30 mesh. Tongkol jagung yang telah diayak kemudian diaktivasi dengan merendamnya dalam larutan NaOH dan diaduk, lalu didiamkan selama 24 dan 48 jam. Setelah proses aktivasi, karbon aktif dicuci menggunakan air hingga bersih, kemudian dibilas hingga mencapai pH netral. Terakhir, karbon aktif dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu 120°C.

2.2. Proses Adsorbsi

Proses adsorpsi tahap awal yaitu dengan menimbang masing-masing 150gram, 175gram, dan 200gram adsorben dari tongkol jagung yang sudah diaktivasi dengan larutan NaOH. Adsorben tersebut kemudian dimasukkan ke dalam botol yang berisi 1000 ml limbah cair dari industri tekstil. Proses adsorpsi berlangsung selama 60 menit dengan pengadukan menggunakan stirrer. Setelah proses adsorpsi selesai, hasilnya dianalisis untuk menentukan kadar warna (PtCo), COD, dan TSS.

2.3. Perhitungan Nilai Daya Serap Iod

$$\text{Daya serap iod} = \frac{(t_b - t_s)\ x\ N\ Na_2S_2O_3\ x\ BA\ iod\ x\ Volume\ iod)}{Berat\ adsorben\ x\ Volume\ Sampel} \quad (1)$$

Keterangan:

t_b = Volume titrasi blanko (mL)

t_s = Volume titrasi sampel (mL)

$N\ Na_2S_2$ = Konsentrasi larutan natrium tiosulfat (0,1 N)

BA iod = Jumlah iod sesuai dengan 1 mL larutan Na_2S_2 (126,8)

2.4. Perhitungan Persen Penurunan Parameter

$$Ef = \frac{(C1-C2)\times 100\%}{C1} \quad (2)$$

Keterangan:

Ef = Efisiensi penurunan parameter (%)

C1 = Nilai sebelum diberi perlakuan (pre-treatment)

C2 = Nilai sudah diberi perlakuan (pre-treatment)

2.5. Proses Analisis

Analisis penurunan nilai hasil terbaik dalam hal memenuhi nilai kadar warna (PtCo), COD dan TSS diujikan di Laboratorium PT Behaestex Pandaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data pre-treatment

Parameter	Baku Mutu	Data Pre-treatment
TSS	50	129
COD	150	194
Kadar Warna (PtCo)	200	530
pH	6,0-9,0	7

Tabel 2. Data hasil percobaan uji iod menurut SNI 06-3730-1995

Aktivator	Waktu Aktivasi (jam)	Titrasi Sampel (ml)	Titrasi Blanko (ml)	Daya Serap Iod (mg/g)	SNI Nilai Iod (mg/g)
NaOH	24	8,4	20,4	760,80	750
	48	8,2	20,4	773,48	750

Tabel 3. Data hasil percobaan adsorpsi terhadap kadar warna (PtCo)

Aktivator Adsorben	Waktu Aktivasi (jam)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Baku Mutu Kadar Warna (PtCo)	Kadar Warna Pre-treatment (PtCo)	Nilai Penurunan Post-treatment (PtCo)			Nilai Penurunan Kadar Warna (%)		
					Massa Adsorben (g)			Massa Adsorben (g)		
					150	175	200	150	175	200
NaOH	24	250	200	530	436	352	230	17,7	33,5	56,6
	48	250	200	530	248	172	186	53,2	67,5	64,9

Tabel 4. Data hasil percobaan adsorpsi terhadap nilai TSS

Aktivator Adsorben	Waktu Aktivasi (jam)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Baku Mutu Kadar TSS (mg/L)	TSS Pre-treatment (mg/L)	TSS Post-treatment (mg/L)			Nilai Penurunan TSS (%)		
					Massa Adsorben (g)			Massa Adsorben (g)		
					150	175	200	150	175	200
NaOH	24	250	50	129	84	81	90	8,49	9,06	7,36
	48	250	50	129	69	47	43	11,3	15,47	16,23

Tabel 5. Data hasil percobaan adsorpsi terhadap nilai COD

Aktivator Adsorben	Waktu Aktivasi (jam)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Baku Mutu Kadar COD (mg/L)	COD Pre-treatment (mg/L)	COD Post-treatment (mg/L)			Nilai Penurunan COD (%)		
					Massa Adsorben (g)			Massa Adsorben (g)		
					150	175	200	150	175	200
NaOH	24	250	150	194	240	209	173	-8,68	-2,83	3,96
	48	250	150	194	170	201	124	4,53	-1,32	13,21

3.1. Pengaruh Jenis Aktivator dan Waktu Aktivasi Terhadap Daya Serap Iod

Penentuan daya serap iodin dalam suatu penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat dengan ukuran molekul kecil ± 10 angstrom atau 1 nm [8]. Uji bilangan iodium (daya serap) dilakukan melalui proses titrasi antara larutan natrium tiosulfat dan larutan iodium yang dicampur dengan adsorben untuk mengetahui nilai daya serap. Penurunan konsentrasi larutan iod mengindikasikan bahwa larutan tersebut telah terserap. Pembuatan adsorben dari tongkol jagung untuk proses adsorpsi air limbah tekstil ini menggunakan variabel jenis waktu aktivasi 24 jam dan 48 jam keduanya menggunakan *activator* yang sama yaitu NaOH.

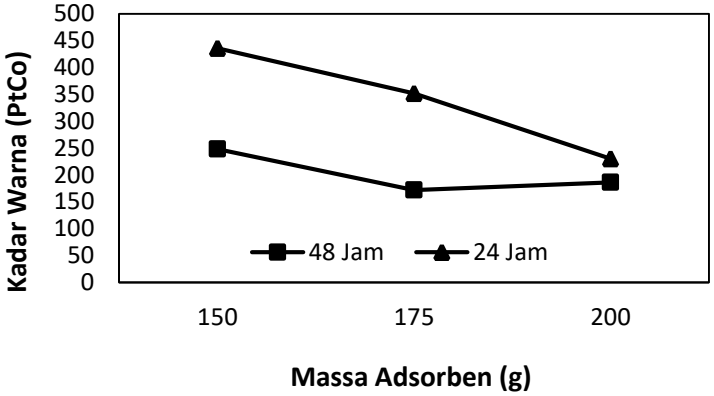
Pada hasil penelitian pengujian iod dari tongkol jagung yang telah teraktivasi didapatkan hasil yaitu, 760,80 mg/g dan 773,48 mg/g, seperti yang tampak pada tabel 2. Sesuai persyaratan karbon aktif Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, nilai minimum iodin adalah 750 mg/g. Maka dari itu, nilai iodin pada hasil penelitian ini berada dalam batas baku mutu atau memenuhi baku mutu. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu aktivasi karbon aktif, pori-pori permukaan adsorben semakin lama akan semakin berkembang, sehingga daya serap iodin juga mengalami peningkatan [9]. Proses aktivasi yang melibatkan perpanjangan waktu aktivasi dinilai dapat memberikan efek positif karena meningkatkan kemungkinan terbentuknya pori-pori pada permukaan karbon aktif dan meningkatkan kapasitas adsorpsi [10]. Pada pengujian kualitas air limbah tekstil digunakan variabel waktu aktivasi dan massa adsorben. Massa adsorben yang digunakan adalah 150gram, 175gram, dan 200gram dalam 1000 mL air limbah tekstil dengan waktu proses adsorbsi 60 menit.

3.2. Pengaruh Proses Adsorpsi Terhadap Kadar Warna (PtCo)

Pada umumnya, industri tekstil dapat menciptakan limbah yang mengandung zat-zat pewarna dan bahan kimia lainnya, yang dapat memberikan warna pada air limbah tersebut [11]. Kadar warna dalam air limbah merupakan indikator visual yang berguna untuk menentukan sejauh mana keberhasilan pengolahan limbah atau seberapa efektif suatu proses pengolahan air limbah [12]. Standar warna yang digunakan adalah *Platina-Cobalt* (PtCo). Nilai awal kadar warna air limbah tekstil sebelum diadsorpsi adalah 530 PtCo. Angka tersebut masih diatas standar baku mutu limbah industri tekstil. Baku mutu limbah industri tekstil menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Inonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 adalah 200 PtCo.

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa tongkol jagung yang diaktivasi dengan NaOH selama 24 jam menunjukkan penurunan kadar warna limbah dari nilai awal 436-230 PtCo. Namun, nilai ini masih berada di atas standar baku mutu air limbah industri tekstil. Sebaliknya, pada grafik dengan tongkol jagung yang diaktivasi NaOH selama 48 jam dengan massa adsorben 175 gram dan 200 gram, nilai kadar warna sudah memenuhi standar baku mutu air limbah, yaitu 172-186 PtCo. Oleh karena itu, semakin banyak massa karbon aktif yang ditambahkan dan semakin lama waktu aktivasi yang dilakukan, maka efektivitas penyerapan warna juga akan semakin meningkat. Peningkatan daya adsorpsi ini disebabkan oleh interaksi yang lebih besar antara tongkol jagung yang teraktivasi dan molekul-molekul warna pada air limbah tekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas adsorpsi air limbah tekstil tertinggi dicapai dengan tongkol jagung yang

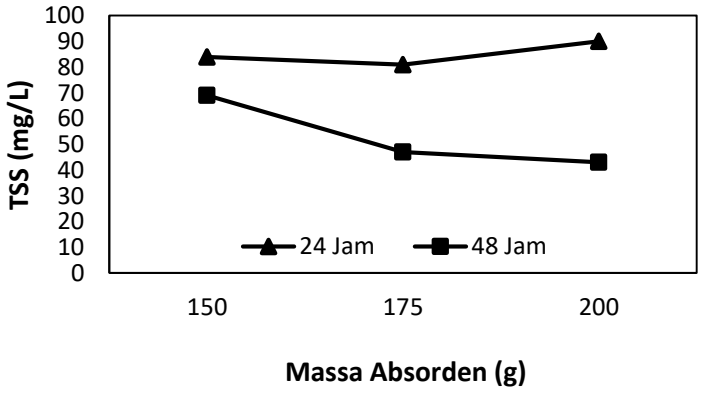
diaktivasi NaOH selama 48 jam dengan massa adsorben 175 gram sehingga daya serap maksimum sebesar 67,5%.



Gambar 1. Grafik hasil pengujian kadar

3.3. Pengaruh Proses Adsorpsi Terhadap Nilai Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solids (TSS) merupakan jumlah total padatan dalam sampel air, yang meliputi partikel organik dan anorganik yang dapat tertahan dalam air untuk jangka waktu tertentu [13]. TSS adalah faktor penting yang mempengaruhi kualitas air, karena dapat menyebabkan perubahan fisik, kimia, dan biologi dalam air [14]. TSS juga digunakan sebagai parameter untuk menilai kualitas air limbah industri tekstil. Nilai TSS sebelum proses adsorpsi adalah 129 mg/L, yang masih di atas baku mutu air limbah tekstil. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019, standar baku mutu air limbah tekstil adalah 50 mg/L.



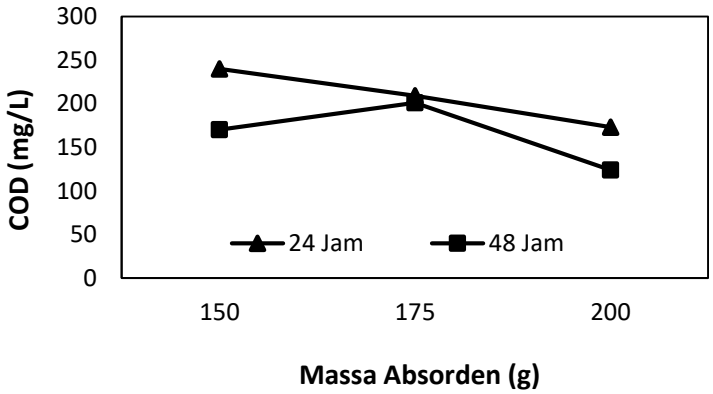
Gambar 2. Grafik hasil pengujian TSS

Berdasarkan Gambar 2 penurunan nilai TSS yang paling optimal dicapai dengan menggunakan tongkol jagung yang diaktivasi NaOH selama 48 jam dan massa adsorben 200 gram, dengan nilai penurunan TSS sebesar 15,47% atau mencapai 47 mg/L. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin banyak adsorben yang digunakan, semakin menurun nilai TSS yang dihasilkan, menandakan bahwa adsorben tongkol jagung efektif dalam menurunkan kadar TSS pada limbah tekstil. Penurunan nilai TSS terjadi karena ketika

adsorben tongkol jagung dikontakkan dengan sampel air limbah, proses adsorpsi menyebabkan bahan-bahan tersuspensi dalam air terserap oleh adsorben tongkol jagung, sehingga nilai TSS yang awalnya tinggi menjadi lebih rendah. Semakin banyak adsorben yang digunakan, semakin tinggi pula daya adsorpsinya.

3.4. Pengaruh Proses Adsorpsi Terhadap Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) menjadi salah satu parameter penting dalam pengolahan air limbah [15]. COD menunjukkan jumlah total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi. Parameter awal COD air limbah tekstil sebelum proses adsrobsi adalah 194 mg/L, nilai tersebut masih diatas baku mutu air limbah tekstil. menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 adalah 150 mg/L.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian COD

Berdasarkan pada Gambar 3 dapat diketahui tongkol jagung yang teraktivasi NaOH selama 24 jam dengan masa adsorben 150 gram dan 175 gram menunjukkan bahwa nilai COD pada limbah mengalami kenaikan yang lebih tinggi sedangkan pada tongkol jagung yang teraktivasi NaOH selama 48 jam mengalami penurunan yang tidak stabil. Hal ini dapat terjadi karena adsorben yang telah jenuh kehilangan kemampuannya untuk menyerap zat pencemar. Akibatnya, zat pencemar yang sebelumnya terperangkap oleh adsorben yang akan dilepaskan kembali ke dalam air. Pada hasil pengujian COD, didapatkan hasil penurunan terbaik untuk tongkol jagung yang teraktivasi NaOH yaitu pada sampel yang teraktivasi selama 48 jam dengan kecepatan pengadukan 250 rpm dan massa adsorben 200 gram yaitu sebesar 13,21%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa adsorben yang dibuat dari tongkol jagung efektif dalam menurunkan kadar warna, TSS, dan COD pada sampel air limbah. Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan tongkol jagung yang diaktivasi menggunakan NaOH selama 48 jam, dibandingkan dengan aktivasi selama 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari tongkol jagung efektif dalam mengurangi nilai TSS dan COD dalam limbah cair tekstil. Penurunan nilai COD dan TSS terbesar terjadi pada karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH selama 48 jam dengan massa adsorben 200 gram.

Saran yang dapat dilakukan adalah melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan parameter-parameter seperti waktu aktivasi, massa adsorben, dan jenis aktivator guna meningkatkan efektivitas proses adsorpsi dalam mengurangi pencemaran limbah cair tekstil. Selain itu, perlu dilakukan pemantauan berkala terhadap kualitas limbah cair yang dihasilkan setelah pengolahan menggunakan karbon aktif dari tongkol jagung untuk memastikan keberlanjutan dan efektivitas proses tersebut.

REFERENSI

[1] A. Ilmanafia and H. P. Sudarminto, "Pemanfaatan Adsorben Arang Aktif Bonggol Jagung Untuk Penurunan Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Pengolahan Rumput Laut," *DISTILAT Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 4, hal. 909–913, 2023.

[2] A. T. Pasetia, S. D. Nurkhasanah, and H. P. Sudarminto, "Proses Pengolahan dan Analisis Air Limbah Industri di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)," *DISTILAT Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 9, hal. 491–498, 2020.

[3] H. S. Titah and I. M. Padang, "Penurunan Warna Limbah Cair Industri Pencelupan Tekstil Dengan Menggunakan Adsorben Arang Sekam Padi," *Jurnal Purifikasi*, vol. 1, no. 1, hal. 37–42, 2006.

[4] L. E. Laos, M. Masturi, and I. Yulianti, "Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri," *Prosiding Seminar Nasional Fisika SNF2016*, vol. 5, hal. 135-140, 2016.

[5] I. F. Anggraini, E. Kusniawati, and M. Mayangsari, "Pemanfaatan Tongkol Jagung pada Pembuatan Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivator (Na2CO3) serta Pengaruhnya terhadap Sampel Air Sumur Gali menggunakan Parameter pH, Turbidity, Total Suspended Solid (TSS), dan Total Dissolved Solid (TDS)," *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, vol. 2, no. 1, hal. 189–192, 2023.

[6] D. I. Safitri, N. Hendrawati, and R. Ramadhana, "Pemanfaatan tongkol jagung dalam pembuatan karbon aktif dengan menggunakan aktivator NaOH dan Na2CO3," *DISTILAT Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 1, hal. 113–121, 2024.

[7] N. Febrianti, V. Mauliana, and R. Yorika, "Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Adsorben dalam Menurunkan Kadar BOD , COD di Air Waduk Manggar Kota Balikpapan," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 8, no. 2, hal. 101–107, 2023.

[8] D. Cendekia and D. A. Afifah, "Model Isoterm Adsorpsi Langmuir Pada Analisis Daya Serap Iodium," *Journal Applied of Science and Chemical Engineering*, vol. 1, no. 2, hal. 38–43, 2023.

[9] Yustinah, Hartini, and Zuliani, "Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH Pada Proses Pembuatan Arang AKtif Terhadap Kualitas Minyak Bekas Proses Pemurnian," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, hal. 1–7, 17 November 2015.

[10] K. A. Roni, S. Martini, and Legiso, "Analisis Adsorben Arang Aktif Sekam Padi Dan Kualitas Pisang Kepok Untuk Pengolahan Air Sungai Gasing, Talang Kelapa, Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan," *Jurnal konversi*, vol. 10, no. 2, hal. 13–18, 2021.

[11] M. W. Pratistita, A. K. Ratri, and F. H. Selian, "Penegakan Hukum Terhadap Pencemaran Limbah Pewarna Cair Industri Tekstil," *Jurnal Kajian Ilmu Sosial, Politik dan Hukum*, vol. 1, no. 1, 2024.

[12] M. D, M. Faizal, C. L. N, and A. Rostika, "Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil

Terdispersi Dengan Metode Elektroflotasi," *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, vol. 3, no. 1, hal. 94–105, 2018.

[13] A. Sukmono, D. Teknik, G. T. Universitas, and G. Mungkur, "Pemantauan Total Suspended Solid (TSS) Waduk Gajah Mungkur Periode 2013-2017 Dengan Citra Satelit Landsat-8," *Jurnal Geofisika dan Geomatika*, vol. 01, no. 01, hal. 33–38, 2018.

[14] A. Lestari, "Analisis Kadar Padatan Tersuspensi Total (TSS) Dan Logam Krom Total (Cr) Pada Limbah Tekstil Di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo," *IJCR- Indonesian Journal of Chemical Research*, vol. 6, no. 1, hal. 32–41, 2021.

[15] Y. Sandra, "Mengolah COD Pada Limbah Laboratorium," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 2, hal. 22–31, 2019.