



Application of Pandan Sea (*Pandanus tectorius*) Cellulose Active Charcoal to Reduce BOD, COD, TSS Levels in Tapioca Liquid Waste

Aplikasi Arang Aktif Selulosa Laut Pandan (*Pandanus tectorius*) untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, TSS pada Limbah Cair Tapioka

Dianti Aviliani¹, Fajar Indah Puspita Sari^{1*}, dan Robby Gus Mahardika¹

Department of Chemistry, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

** Corresponding author: fipuspitas@gmail.com*

Received: September 22, 2022, Accepted: December 16, 2022 Published: December 26, 2022

ABSTRACT

Tapioca liquid waste contains high organic substances and suspended solids. This research utilizes the cellulose-activated charcoal of sea pandan leaves to adsorb the organic matter content and suspended solids. This study aims to determine the lignin and cellulose content of pandan sea leaves before and after delignification, determine characteristics, and determine the optimum mass and optimum efficiency of tapioca wastewater adsorption. Analysis of lignin and cellulose content refers to the Chesson method with a decrease in lignin content of 11.5% to 5.4% as cellulose content increases from 65.1% to 83.6%. The results of the characteristics of water content 11.6% and ash content of 4.2%, GSA analysis showed a surface area of 12.6495 m²/g, a total pore volume of 0.0124607 cm³/g which included micropores and an average pore radius of 1.97015 nm. Characterization using FTIR showed cellulose functional groups such as O-H, C-H, CH₂, C-O and lignin functional groups, namely aromatic CH. Adsorption was carried out with mass variation of 1, 5 and 10 grams in 250 ml tapioca liquid waste for 30 minutes showed the optimum adsorption results at mass of 10 grams with decrease COD 1.337.50 mg/L to 2.50 mg/L, BOD 1.512.50 mg/L to 5.40 mg/L and TSS 875 mg/L to 9.03 mg/L and the optimum efficiency results were found in a mass of 10 grams with removal of COD 99.64%, BOD 99.81% and TSS 98.94%. The adsorption of cellulose-activated charcoal from sea pandan leaves is superior more than microorganisms in tapioca wastewater at PT Sinar Batu Rusa Prima. Further modification is needed in the application of activated charcoal to produce a colorless filtrate.

Keywords: *liquid waste, activated charcoal, cellulose*

PENDAHULUAN

Industri tapioka merupakan salah satu industri penghasil limbah cair yang dapat menimbulkan pencemaran, bau busuk dan lainnya (Pasaribu, 2020). Penelitian Suliso dkk. (2014) menyatakan kadar COD limbah cair

tapioka sebesar 14100 mg/L, BOD sebesar 3852 mg/L, TSS sebesar 964 mg/L, penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah cair tapioka memiliki kadar pencemar yang tinggi, sehingga perlunya pengolahan sebelum dibuang. Upaya penurunan kadar BOD, COD, TSS pada limbah cair tapioka dapat dilakukan

dengan mengadsorpsi zat-zat tersebut menggunakan adsorben. Penelitian Marwah (2020) memanfaatkan biofilter anaerob aerob media bioring untuk mengurangi kadar COD dan TSS pada limbah cair tapioka dengan waktu tinggal 72, 48 dan 24 jam menunjukkan hasil penyisihan berurut sebesar 49,6%, 34,2%, 26,5% pada COD anaerob, 52,4%, 28%, 22,8% pada COD aerob dan 44,4%, 31%, 24,8% pada TSS anerob serta 51,1%, 43,8%, 42,9% pada TSS aerob, hasil penelitian tersebut menunjukkan presentase efektivitas yang tidak terlalu tinggi dan waktu pengerjaan relatif lama.

Penelitian Ridhayanti dan Rusmini (2020) menggunakan 3,75 gram arang aktif selulosa kulit durian teraktivasi KOH mampu menurunkan kadar BOD sebesar 83,648%, COD sebesar 87,602% serta TSS sebesar 90,152%. Penelitian lain oleh Legiso dkk. (2020) dengan penggunaan 40 gram arang aktif kulit durian tanpa pemurnian selulosa teraktivasi KOH mampu menurunkan BOD sebesar 15,1%, COD sebesar 44,8% dan TSS sebesar 21,4%. Berdasarkan beberapa penelitian diatas diketahui bahwa penggunaan arang aktif dari selulosa lebih efektif karena memberikan nilai efisiensi yang lebih besar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ina dan Waluyo (2010) daun pandan laut mengandung kadar selulosa yang berkisar antara 83-88 %, tingginya kadar selulosa diharapkan mampu membantu menyelesaikan permasalahan tingginya kadar beban pencemar BOD, COD, TSS serta dapat menjadi alternatif pengolahan limbah cair tapioka disamping penggunaan mikroorganisme.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan kadar lignin dan selulosa menggunakan metode cheson, menentukan karakteristik arang aktif serta menentukan massa dan efisiensi optimum arang aktif dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS pada limbah cair tapioka. Pembuatan arang aktif pada penelitian ini tergolong murah dan mudah karena menggunakan jenis tumbuhan yang kurang dimanfaatkan sehingga meningkatkan nilai jual tumbuhan tersebut.

METODOLOGI

Alat

Blender, ayakan 70 mesh, batang pengaduk, pipet tetes, gelas ukur, gelas kimia, labu ukur, kertas timbang, cawan porselen, *thermometer*, botol timbang, Kertas pH, kertas saring, corong kaca, lumpang, alu, *erlenmeyer*, pipet volume, botol sampel kaca coklat, *vortex mixer*, mikro pipet, statif, klem statif, kuvet, pH meter, neraca

analitik, *hot plate*, alat vakum, Oven, *furnace*, lemari asam, alat GSA, Alat FTIR, alat Pastel UV.

Bahan

Daun Pandan Laut, limbah cair tapioka PT Sinar Batu Rusa Prima, H₂O, NaOH 10%, NaOH 1%, H₂SO₄ 72%, H₂SO₄ 1N.

Prosedur

Pembuatan Arang Aktif

Dehidrasi

Sampel di potong kecil, direndam dan dicuci menggunakan air, kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari dan dioven 45°C selama 60 menit, kemudian di haluskan dan diayak (70 mesh).

Delignifikasi

Delignifikasi dilakukan dengan merendam serbuk hasil proses dehidrasi menggunakan larutan NaOH 10% selama 90 menit dengan perbandingan 1:5 (w/v), sampel selanjutnya disaring dan di keringkan dealam oven pada suhu 105°C selama 1 jam.

Karbonisasi

Karbonisasi serbuk hasil delignifikasi dengan *furnace* selama 1,5 jam pada suhu 450°C dan lakukan pendinginan pada serbuk arang aktif.

Aktivasi

Aktivasi sampel hasil karbonisasi dengan cara di rendam dalam 500 ml NaOH 1% selama 24 jam, sampel kemudian disaring dan dicuci residunya dengan H₂O sampai pH netral, di keringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1,5 jam kemudian didinginkan dan di ayak dengan ayakan 70 mesh.

Analisis Kadar Lignin dan Selulosa

Analisis kadar selulosa dan lignin mengacu pada metode Cheson (Datta,1981) yaitu: 1 gram sampel (a) ditambahkan 150 ml H₂O dan dipanaskan 100°C selama 1 jam, dicuci dengan 300 ml air panas, dioven 105°C dan ditimbang (b). Residu ditambah 150 ml H₂SO₄ 1N dan dipanaskan 100°C selama 1 jam, disaring dan dicuci dengan H₂O 300 ml hingga pH netral, dikeringkan dan ditimbang (c). Residu direndam 100 mL H₂SO₄ 72% selama 4 jam, ditambahkan 150 mL H₂SO₄ 1 N lalu dipanaskan 100°C selama 1 jam, disaring dan dicuci dengan H₂O sampai netral, dioven 105°C dan ditimbang (d). Residu selanjutnya di abukan dan ditimbang (e).

$$\text{Selulosa} = \frac{c-d}{a} \times 100\%; \text{Lignin} = \frac{d-e}{a} \times 100\%$$

Persamaan ini merupakan perhitungan atau analisis dari langkah kerja yang telah dituliskan sebelumnya.

Penentuan Karakteristik Arang Aktif

Penentuan Kadar Air

1 gram arang aktif di masukkan dalam botol timbang, di oven $115^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam, dinginkan dan di timbang.

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{massa contoh setelah pemanasan}}{\text{massa contoh}} \times 100\%$$

Persamaan ini merupakan perhitungan atau analisis dari langkah kerja yang telah dituliskan sebelumnya.

Penentuan Kadar Abu

2 gram arang aktif di masukkan dalam botol timbang, di *furnace* 800°C selama 2 jam.

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{massa contoh setelah pemanasan}}{\text{massa contoh}} \times 100\%$$

Persamaan ini merupakan perhitungan atau analisis dari langkah kerja yang telah dituliskan sebelumnya.

Penentuan Luas Permukaan, Volume Pori dan Ukuran Pori

Penentuan luas permukaan, volume pori dan ukuran pori arang aktif selulosa daun pandan laut dilakukan dengan analisis *Gas Sorption analyzer* (GSA) menggunakan alat *Surface Area Analyzer* merek Quantachrome Novatouch Lx4 yang digunakan untuk pengujian fisik sampel padatan seperti luas permukaan, volume pori hingga distribusi pori dengan cara menghitung kebutuhan gas yang di adsorpsi oleh suatu permukaan atau pori pada kondisi dan suhu konstan, analisis GSA pada penelitian ini menggunakan tipe *vacuum degassing* dengan cara mengukur banyaknya gas yang diserap pada permukaan padatan menggunakan gas nitrogen pada suhu pemanasan 300°C selama 60 menit.

Penentuan Gugus Fungsi

Penentuan gugus fungsi arang aktif selulosa daun pandan laut dilakukan dengan analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menggunakan alat Nicolet Avatar 360 IR yang digunakan untuk analisa kuantitatif menggunakan data intensitas panjang gelombang tertentu untuk perhitungan. Analisis dilakukan dengan cara mencampurkan sampel arang aktif yang sudah dihaluskan dengan KBr,

lalu dimasukkan dengan hati-hai kedalam alat FTIR untuk dianalisis.

Pengujian Adsorben Arang Aktif Selulosa Daun Pandan Laut

Pengujian adsorben dilakukan dengan variasi massa 1 gram, 5 gram dan 10 gram dengan cara memasukkan arang aktif dalam labu ukur 250 ml dan ditambahkan limbah cair hingga tanda batas dan dihomogenkan, direndam 30 menit dan di ambil secukupnya untuk dimasukkan dalam kuvet dan dibaca kadar BOD, COD, TSS pada Pastel UV merek Secomam yang digunakan untuk analisis kualitas air seperti BOD, COD, TSS dan lain sebagainya secara serentak dengan waktu yang relatif cepat.

Perhitungan Efisiensi

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{[\text{sebelum adsorpsi}] - [\text{setelah adsorpsi}]}{[\text{sebelum adsorpsi}]} \times 100 \%$$

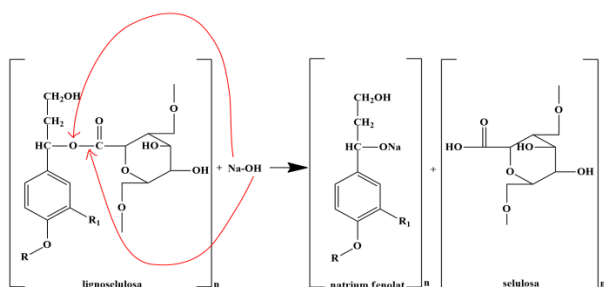
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Arang Aktif

Pembuatan arang aktif selulosa daun pandan laut pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama yaitu dehidrasi atau proses penurunan kadar air (Hariyadi, 2018). Hasil proses dehidrasi sampel yaitu berkurangnya massa dan berubahnya jenis sampel yang semula daun menjadi serbuk berwarna cream kehijauan.

Tahap kedua yaitu delignifikasi atau proses pemutusan ikatan lignin pada senyawa kompleks, perlakuan delignifikasi dilakukan sebab keberadaan lignin dapat menghambat proses hidrolisis selulosa (Gunam dkk. 2010). Proses delignifikasi dilakukan dengan merendam serbuk hasil dehidrasi menggunakan larutan NaOH. Larutan NaOH memutuskan struktur lignin yang kristalin dan *amorf*, ion OH^- dari NaOH akan memutuskan ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na^+ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat yang bersifat mudah larut dalam air dan ditandai dengan perubahan warna hitam pada larutan (Mayangsari dkk. 2019).

Keberhasilan proses delignifikasi ini dapat dibuktikan dengan melihat penurunan kadar lignin yang diiringi peningkatan kadar selulosa melalui hasil analisis metode Chesson pada Tabel 1.



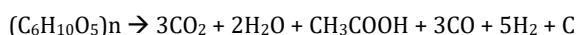
Gambar 1. Mekanisme reaksi delignifikasi (Zhang dkk. 2016)

Tabel 1. Hasil analisis Metode Chesson

Komponen	Sebelum delignifikasi	Setelah delignifikasi
Lignin	11,5%	5,4%
Selulosa	65,1%	83,6%
Hemiselulosa	1,6%	0,4%
Lainnya	21,8%	10,6%

Setelah delignifikasi, sampel dikarbonisasi dalam *furnace* selama 1,5 jam pada suhu 450°C. Karbonisasi dimaksudkan untuk menguraikan selulosa menjadi karbon dengan bentuk pemanasan. Pemanasan selulosa pada suhu tinggi mengakibatkan hilangnya atom hidrogen dan oksigen, sehingga hanya tersisa atom karbon yang terikat dengan struktur segi enam di setiap sudut dengan penataan yang cenderung kasar akibat reaksi pelepasan atom hidrogen dan oksigen yang berlangsung cepat dan tidak terkendali pada suhu tinggi. Penataan tidak sempurna mengakibatkan kerapatan arang menjadi rendah dan tersedia ruang untuk adsorbat masuk (Valentina dkk. 2013).

Reaksi yang terjadi pada proses karbonisasi selulosa sebagai berikut : (Lestari, 2021).



Berdasarkan reaksi karbonisasi, unsur-unsur selain karbon akan di uapkan dalam bentuk gas seperti CO₂, CO, H₂ dan lainnya (Lestari, 2021).

Aktivasi Arang Aktif

Aktivasi merupakan proses penghilangan senyawa pengotor agar arang aktif memiliki permukaan yang lebih luas dan daya adsorpsi yang lebih besar (Yulianti dkk. 2010). Aktivasi dilakukan dengan merendam arang aktif hasil karbonisasi dalam 500 ml NaOH 1% selama 24 jam. NaOH merupakan aktivator dengan fungsi melarutkan zat pengotor sehingga pori-pori arang aktif lebih terbuka (Atminingtyas dkk. 2016).

Karakteristik Arang Aktif

Pengujian karakteristik dilakukan untuk mengetahui kondisi arang aktif yang sebenarnya (Irmanto dan Suyatna, 2010). Pada penelitian ini karakteristik arang aktif selulosa daun pandan laut diujikan terkait kadar air dan kadar abu sesuai SNI 06-3730-1995 serta analisis FTIR dan GSA.

Tabel 2. Hasil analisis air dan kadar abu

Parameter	Hasil Analisis	Baku Mutu
Kadar air	11,6 %	≤15%
Kadar abu	4,2 %	≤10%

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif (Maulana dkk. 2017). Kadar air berpengaruh terhadap daya adsorpsi, semakin rendah kadar air menunjukkan kualitas adsorben yang semakin baik (Ischak dkk. 2021). Kadar air yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 11,6% atau sesuai SNI 06-3730-1995. Pengujian kadar abu dilakukan untuk mengetahui kandungan komponen yang tidak mudah menguap atau yang tertinggal selama pembakaran, semakin besar kadar abu dapat mengakibatkan penyumbatan pada pori arang aktif sehingga daya adsorpsi menurun (Masitoh dan Sianita, 2013). Pada penelitian ini didapatkan kadar abu sebesar 4,2% atau sesuai SNI 06-3730-1995 dengan kadar maksimal 10%.

Analisis *Gas Sorption Analyzer* (GSA) pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode Brunaur, Emmett and Teller (BET) untuk mengetahui luas permukaan, volume pori dan ukuran pori dari karbon aktif. Analisis GSA dilakukan dengan mengukur banyaknya gas yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu (Zulichatun dkk. 2015). Pada penelitian ini, uji GSA dilakukan dengan tipe *vacuum degassing* menggunakan gas nitrogen pada suhu pemanasan 300°C selama 60 menit.

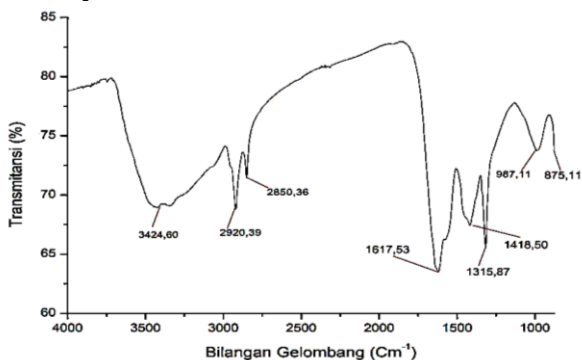
Tabel 3. Hasil analisis GSA

Karakter pori	Hasil Analisis	Referensi
Luas Permukaan Rerata Jari	12,6495 m ² /g	19,8 m ² /g ^(a)
pori	1,97015 nm	-
Total Volume pori	0,0124607 c m ³ /g	-

^aAstuti. (2018).

Berdasarkan Tabel 2 Luas permukaan yang diperoleh sebesar $12,6495 \text{ m}^2/\text{g}$. Menurut Astuti (2018) material karbon aktif berbasis lignoselulosa memiliki luas permukaan sebesar $19,8 \text{ m}^2/\text{g}$, hasil analisis pada percobaan ini menunjukkan luas permukaan sedikit lebih kecil yang dapat disebabkan karena penggunaan suhu yang cukup rendah selama proses karbonisasi. Pada penelitian ini suhu karbonisasi yang digunakan adalah 450°C , rentang suhu 400°C - 500°C selama karbonisasi hanya membentuk lapisan aromatik dan penguraian lignin dan untuk memperluas permukaan dibutuhkan penggunaan suhu $>600^\circ\text{C}$ (Siahan dkk. 2013). Pori arang aktif percobaan ini berjenis mikropori karena $<2 \text{ nm}$ yakni $1,97015 \text{ nm}$ dan memiliki total volume pori $0,0124607 \text{ cm}^3/\text{g}$ (Danarto dan Samun, 2008).

Analisis FTIR pada percobaan ini dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada sampel. Hasil analisis spektrum IR dapat dilihat pada Gambar 2 dan data bilangan gelombang beserta referensi pendukungnya dilihat pada Tabel 4



Gambar 2. Hasil spektrum FTIR arang aktif selulosa daun pandan laut

Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus OH *stretching* pada bilangan gelombang $3424,60 \text{ cm}^{-1}$, gugus C=C lignin pada bilangan gelombang $1500\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$ (Aditama dkk. 2017). bilangan gelombang $2850,36 \text{ cm}^{-1}$ dan $2920,39 \text{ cm}^{-1}$ ditunjukkan gugus CH *stretching* dari gugus metilen (CH_2) yang merupakan kerangka struktur selulosa (Rambat, 2015). Gugus C=O ditemukan pada bilangan gelombang $1617,53 \text{ cm}^{-1}$, gugus CH_2

pada bilangan gelombang $1418,50 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus CH aromatik pada bilangan gelombang $1315,87 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan lignin (Pangau dkk. 2017), gugus C-O pada bilangan gelombang $987,11 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus C-C pada bilangan gelombang $875,11 \text{ cm}^{-1}$ diduga berasal dari perubahan selulosa setelah proses pemanasan suhu tinggi (Lestari, 2021). Berdasarkan analisis, diketahui adanya gugus OH *stretching*, CH *stretching*, C=O, CH_2 , CH aromatik, C-O dan C-C. Hasil identifikasi FTIR menunjukkan keberadaan selulosa yang ditandai dengan munculnya gugus O-H, C-H, CH_2 , C-O (Ramadani, 2021) dan keberadaan lignin yang ditandai oleh Gugus CH aromatik (Pangau dkk. 2017). Keberadaan gugus C-O dan O-H mengidentifikasi karbon aktif yang dihasilkan bersifat polar dan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben polar (Wibobo dkk. 2011).

Tabel 4. Hasil bilangan gelombang arang aktif selulosa daun pandan laut

Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Gugus Fungsi
Hasil	Referensi	
3424,60	3000-3500 (a) ; 3467,97 (c)	OH <i>stretching</i>
2850,36; 2920,39	2920,23 (b) ; 2800-3000 (d)	CH <i>stretching</i>
1617,53	1610,56 (b)	C=O
1418,50	1420,29 (a)	CH_2
1315,87	1316 (c)	CH aromatik
987,11	993,34 (b)	C-O
875,11	873,75 (e)	C-C

^aPradana dkk. (2017); ^bLestari. (2021); ^cPangau dkk. (2017); ^dKiney dkk. (2012); ^eRamadani. (2021).

Penentuan Kadar BOD, COD dan TSS pada Limbah Cair Tapioka

Limbah cair tapioka yang diperoleh selanjutnya diujikan terkait kadar BOD, COD dan TSS dengan hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Hasil pengujian kadar BOD, COD, TSS limbah cair tapioka

Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Pembuangan Awal (mg/L)	Pembuangan Akhir (mg/L)	Efisiensi
BOD	150	1.337,50	680	49,16 %
COD	300	1.512,50	400	73,55 %
TSS	100	875	196	77,6 %

Tabel 5 menunjukkan bahwa pembuangan awal limbah cair tapioka mengandung kadar BOD, COD, TSS yang cukup tinggi dan tidak memenuhi baku mutu limbah cair tapioka sesuai Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.5/PERMENLH/2014. Upaya pengolahan menggunakan mikroorganisme pada pembuangan akhir tidak menunjukkan hasil pengukuran BOD, COD, TSS yang sesuai baku mutu, namun dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS dengan efisiensi berturut 49,16%; 73,55% dan 77,6%, hal tersebut dapat

disebabkan karena kurangnya waktu tinggal dan kurang stabilnya pH dan suhu selama pengolahan berlangsung (Indriyati, 2005).

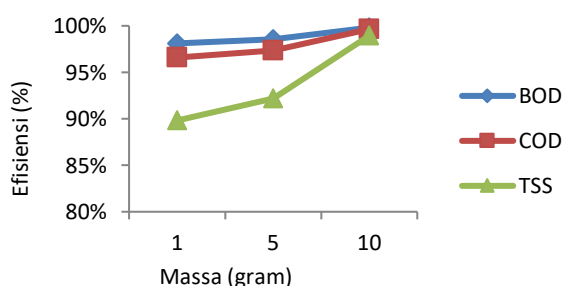
Penurunan Kadar BOD, COD, TSS pada Limbah Cair Tapioka

Pada penelitian ini limbah cair tapioka diadsorpsi menggunakan arang aktif selulosa daun pandan laut dengan variasi massa 1, 5 dan 10 gram dalam 250 ml limbah cair tapioka yang direndaman selama 30 menit. Hasil adsorpsi dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Hasil adsorpsi arang aktif selulosa daun pandan laut

Parameter	Baku Mutu	Massa Arang Aktif			% Efisiensi		
		1 g	5 g	10 g	1 g	5 g	10 g
BOD (mg/L)	150	25,20	19,60	2,50	98,11 %	98,53 %	99,81 %
COD (mg/L)	300	51,50	40,00	5,40	96,59 %	97,35 %	99,64 %
TSS (mg/L)	100	89,00	68,50	9,20	89,82 %	92,17 %	98,94 %

Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar BOD, COD, TSS limbah cair tapioka mengalami penurunan seiring bertambahnya massa adsorben atau meningkatnya daya adsorpsi seiring bertambahnya massa adsorben, hal ini terjadi karena jumlah adsorben sebanding dengan jumlah partikel pengadsorpsi adsorbat (Ischak dkk. 2021). Penentuan massa optimum dari adsorben arang aktif selulosa daun pandan laut ditunjukkan dengan pemberian massa adsorben 10 gram. Hasil adsorpsi dengan pemberian massa 10 gram mampu memberikan efisiensi penyisihan yang terbesar dengan penyisihan kadar BOD 99,81%, COD 99,64% dan TSS 98,94%, selain itu pemberian massa adsorben arang aktif 10 gram juga menunjukkan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian massa adsorben arang aktif 1 gram dan 5 gram yang dapat dilihat dari nilai efisiensinya pada Gambar 3



Gambar 3. Efisiensi adsorpsi arang aktif selulosa daun pandan laut

Gambar 3 menunjukkan peningkatan efisiensi (%) yang berbanding lurus dengan

peningkatan jumlah adsorben, semakin banyak penggunaan adsorben maka nilai efisiensi semakin meningkat dan sebaliknya. Nilai efisiensi terbaik dalam penurunan kadar BOD, COD dan TSS pada penelitian ini terdapat pada penggunaan adsorben 10 gram dengan nilai efisiensi BOD sebesar 99,81%, COD sebesar 99,64% dan TSS sebesar 98,84%. Hasil pengukuran kadar BOD, COD dan TSS pada pembuangan akhir limbah cair tapioka memiliki nilai efisiensi yang lebih rendah dibandingkan penggunaan arang aktif, hal ini dapat disebabkan karena material arang aktif memiliki kemampuan penyerapan yang lebih baik dan waktu serap yang cepat di bandingkan pengolahan menggunakan mikroorganisme.

KESIMPULAN

Analisis metode Chesson dilakukan terhadap sampel sebelum dan sesudah delignifikasi menunjukkan hasil penurunan kadar lignin dari 11,5% menjadi 5,4% seiring dengan peningkatan kadar selulosa dari 65,1% menjadi 83,6%. Karakteristik arang aktif pada penelitian ini meliputi kadar air dan kadar abu berturut-turut sebesar 11,6% dan 4,2 % yang telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Selain itu, berdasarkan hasil analisis GSA diketahui luas permukaan sebesar 12,6495 m²/g, total volume pori 0,0124607 cm³/g dan rerata jari pori 1,97015 nm yang termasuk dalam jenis mikropori serta karbon aktif memiliki gugus fungsi selulosa seperti O-H, C-H, CH₂, C-O dan gugus fungsi CH aromatik yang menunjukkan keberadaan lignin dari hasil

analisis spektrum FTIR. Analisis adsorpsi arang aktif selulosa daun pandan laut dengan variasi massa (1; 5; 10 gram) selama 30 menit dalam limbah cair tapioka menunjukkan adsorpsi optimum pada massa 10 gram dengan penurunan kadar COD 1.337,50 mg/L menjadi 2,50 mg/L, BOD 1.512,50 mg/L menjadi 5,40 mg/L dan TSS 875 mg/L menjadi 9,03 mg/L. Analisis adsorpsi arang aktif selulosa daun pandan laut dengan variasi massa (1; 5; 10 gram) selama 30 menit dalam limbah cair tapioka menunjukkan efisiensi optimum pada massa 10 gram dengan penyisihan kadar COD 99,64% , BOD 99,81% dan TSS 98,94%.

REFERENSI

- Aditama, A.G., Farid, M., Ardhyanta, H. (2017). Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Nano Filler Komposit Absorpsi Suara: Analisis FTIR. *Jurnal Teknik ITS*. 2(6), F228-F231.
- Astuti, W. (2019). *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. Penerbit UNNES Press: Semarang.
- Atminingtyas, S., Oktawan, W., Wardana. I. W. (2016). Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH dan Tinggi Kolom Pada Arang Aktif Dari Kulit Pisang Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) Limbah Cair Industri Elektroplating. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 1(5), 1-11.
- Danarto, Y.C dan Samun, T. (2008). Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr (VI). *Jurnal Ekuilibrium*. 1(7), 13-16.
- Datta, R. (1981). Acidogenic Fermentation of Lignocellulose-Acid Yield and Conversion of Components. *Journal of Biotechnology and Bioengineering*. 9(23). 2167-2170.
- Gunam, I.B.W., Buda, K., Guna, I.M.Y.S. (2010). Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi Terhadap Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus Niger* NRLL A-II. *Jurnal Biologi*. 1(14), 55-61.
- Hariyadi, T. (2018). Pengaruh Suhu Operasi terhadap Penentuan Karakteristik Pengeringan Busa Sari Buah Tomat Menggunakan Tray Dryer. *Jurnal Rekayasa Proses*. 2(12), 104-113.
- Indriyati. (2005). Pengolahan Limbah Cair Organik secara Biologi menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam. *Jurnal Air Indonesia*. 7(1), 340.343.
- Irmanto dan Suyata. (2010). Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Jurnal Molekul*. 1(1), 22-32.
- Ischak dkk. (2021). Ekstraksi dan Karakterisasi Selulosa dari Limbah Kulit Kacang Tanah (*Arachys hypogaea* L.) sebagai Adsorben Ion Logam Besi. *Jurnal Chem*. 3(1), 27-36.
- Kiney, T.J., Masiello, C.A., Dugan, B., Hockaday, W.C., Dean, M.R., Zygourakis, K., Barnes, R.T. (2012). Hydrologic Properties of Biochars Produced at Different Temperatures. *Journal of Biomass and Bioenergy*. 30: 1-10.
- Legiso., Susanto, T., Ramadhan, M.B., Roni, K.A., Lestari, D.D., Farida. (2020). Aktivasi Karbon Aktif dari Kulit Durian sebagai Adsorben Limbah dari Kegiatan Laundry. *Majalah BIAM*. 16(2), 58-63.
- Lestari, F. (2010). *Bahaya Kimia Sampling dan Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Lestari, S.T. (2021). Karakterisasi Karbon Aktif Dari Selulosa Limbah Serat Sagu Teraktivasi KOH Menggunakan Ftir (Fourier Transform Infrared). *Skripsi, Jurusan Kimia. Universitas Cokroaminoto Palopo. Palopo*.
- Marwah, N. (2020). Studi Penurunan COD Dan TSS Pada Limbah Cair Tapioka Menggunakan Biofilter Anaerob-Aerob Media Bioring. *Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Medan*.
- Masitoh, Y. F dan Sianita B. M. M. (2013). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma Cacao* L.) sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II) dalam Pelarut Air. *Journal of Chemistry*. 2(2), 23-28.
- Maulana, G.G.R., Agustina, L., Susi. (2017). Proses Aktivasi Arang Aktif dari Cangkang Kemiri (*Aleurites Moluccana*) dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Aktivator Kimia. *Jurnal Ziraah*. 42(3), 247-256.
- Mayangsari, N.E., Apriani, M., Veptiyan, E.D. (2019). Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas Cosmosus*) sebagai Adsorben Logam Berat Cu. *Journal of Research and Technology*. 2(5), 129-138.
- Ngapa, Y.D. (2017). Kajian Pengaruh Asam-Basa pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena.

- Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 2(2), 90-96.
- Pangau, J.R., Sangian, H.F. (2017). Karakterisasi Bahan Selulosa Dengan Iradiasi Pretreatment Gelombang Mikro Terhadap Serbuk Kayu Cempaka Wasian (*Elmerillia Ovalis*) di Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*. 6(1), 53-58.
- Pasaribu, H.M. (2020). *Studi Penurunan COD dan TSS pada Limbah Cair Tapioka dengan Menggunakan Biofilter Anaerob-Aerob Media Bioball*. Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Pradana, M.A., Ardhyanta, H., Farid, M. (2017). Pemisahan Selulosa dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Alkalisasi untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara. *Jurnal Teknik ITS*. 2(6), F413-F416.
- Ramadani, A. (2021). *Karakterisasi Karbon Aktif Selulosa Dari Limbah Serat Sagu (Metroxylon Sago) menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)*. Skripsi, Jurusan Kimia, Universitas Cokroaminoto Palopo. Palopo.
- Rambat., Aprilita, N.H., Rusdiarso, B. (2015). Aplikasi Limbah Kulit Buah Kakao Sebagai Media Fermentasi Asam Laktat untuk Bahan Baku Bioplastik. *Jurnal Kimia Kemasan*. 37(2), 103-110.
- Ridhayanti, S.A dan Rusmini. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Durian sebagai Adsorben Limbah Industri Tahu didaerah Sepanjang Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. 1(4), 23-31.
- Shanmugarajah, B., Kiew, P.L., Chew, I.M.L., Choong, T.S.Y., Tan, K.W. (2015). *Isolation of NanoCrystalline Cellulose (NCC) from Palm Oil Empty Fruit Bunch (EFB): Preliminary Result on FTIR and DLS Analysis*. 1(45), 1705-1710.
- Siahan, S., Hutapea, M., Hasibuan, R. (2013). Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(1), 26-30.
- Suliso, F.A.P., Suharto, B., Susanawati, L.D. (2014). Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Kadar BOD dan COD Limbah Tapioka dengan Metode Rotating Biological Contactor. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 1(2), 1-6.
- Valentina, A.E., Miswadi, S.S., Latifah. (2013). Pemanfaatan Arang eceng Gondok dalam Menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada Air Sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 2(2), 84-89.
- Wibowo, S., Syafi, W., Pari, G. (2011). Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung. *Jurnal Makara Teknologi*. 1(15), 17-24.
- Yulianti, A., Taslimah., Sriatun. (2010). Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit untuk Pemucatan Minyak Goreng Sisa Pakai. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 13 (2), 36 -40.
- Zhang, M.F., Qin, Y.H., Ma, J.Y., Yang, L., Wu, Z.K., Wang, T.L., Wang, W.G., dan Wang, C.W. (2016). Depolymerization of Microcrystalline Cellulose by the Combination of Ultrasound and Fenton Reagent. *Ultrasonics Sonochemistry*. vol. 31, 404-408.
- Zulichatun, S., Wijayanti, A., Marfina, A., Pranata, Y. A., Nurbaeti, L., Rahayuningsih, N. D.. (2015). Analisis Luas Permukaan Zeolit Alam Termodifikasi Dengan Metode BET Menggunakan Surface Area Analyzer (SAA). *Pelatihan Instrumen 2015 Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang*. Semarang. 37.