



PEMANFAATAN ARANG AKTIF KULIT JENGKOL (*Pithecellobium lobatum*) SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENYISIHKAN KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR TAHU

Arief Rahman¹, Yeggi Darnas¹, Wirda Febria Putri^{1*}

¹ Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia, Kode Pos: 23111

e-mail: wirdafebria05@gmail.com

Abstract

*Tofu liquid waste comes from the washing process, boiling, and printing on tofu production. Tofu liquid waste is usually directly discharged into rivers or sewers which can have a negative impact on the environment. Tofu wastewater treatment with activated charcoal adsorption methods can reduce the concentration of pollutants contained in the waste. This research was conducted to determine the effect of variations in stirring speed in the removal of COD and TSS levels in tofu liquid waste. The adsorbent used in this study was activated charcoal from the skin of jengkol (*Pithecellobium lobatum*) carbonized at 350°C which was then activated using 1M HCL. The adsorption process in this study used a mass of 2 g of activated charcoal; 4 g, 6 g and 8 g and stirring speed 60 rpm and 120 rpm. The initial concentrations of COD and TSS were 5140 mg/L and 605 mg/L. The results of the research that have been carried out show that the stirring speed and mass of the adsorbent affect the levels of COD and TSS as well as the effectiveness and adsorption capacity. A significant decrease in COD and TSS levels occurred in the treatment using 8 g of activated charcoal and a stirring speed of 120 rpm. The COD value obtained was 1137 mg/L, TSS was 103 mg/L and the efficiency value obtained was COD of 77.88% and TSS of 82.98%.*

Keywords: *Activated Charcoal, Adsorbent, Pithecellobium lobatum, Tofu Liquid Waste*

A. PENDAHULUAN

Kerusakan lingkungan terjadi akibat ulah manusia, oleh karena itu manusia berkewajiban untuk memperbaiki kerusakan tersebut. Sebagaimana dalam firman Allah surah Al-Qasas ayat 77:

وَابْتَغِ فِي مَاءِ آتَانِكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ
مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي
الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

Artinya:

“Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri dan akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”. (QS. Al-Qasas: 77).

Air merupakan kebutuhan pokok bagi makhluk hidup. Menurunnya kualitas air sangat berpengaruh terhadap makhluk hidup. Pencemaran air merupakan masuknya mikroorganisme, zat, energi dan komponen lainnya kedalam air. Hal ini disebabkan oleh kegiatan industri (Setioningrum, dkk., 2020).

Industri yang berada di beberapa daerah berkembang seiring perkembangan zaman. Salah satunya adalah industri pengolahan kedelai yaitu industri pembuat tahu. Dengan adanya industri tersebut dapat mensejahterakan masyarakat sekitar karena terbukanya lapangan pekerjaan, tetapi industri ini juga dapat menimbulkan dampak negatif yang berbahaya bagi lingkungan jika membuang limbah dari proses pengolahan langsung ke sungai (Sumardiyono, dan Soebiyanto, 2019). Limbah cair tahu biasanya langsung dibuang kesungai atau ke selokan yang mengakibatkan pencemaran lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan oleh pengolahan 1 ton tahu sekitar 3.000 sampai 5.000 liter limbah yang keruh dan bau.

Limbah cair tahu mengandung bahan organik yang tinggi dan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi yang dapat membahayakan sungai jika limbah tersebut langsung dibuang ke sungai (Sayow, dkk., 2020). Limbah cair tahu mengandung bahan organik yang tinggi dan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi yang dapat

membahayakan sungai jika limbah tersebut langsung dibuang ke sungai (Sayow, dkk., 2020).

Jengkol (*Pithecellobium lobatum*) merupakan tumbuhan khas Asia Tenggara. Tumbuhan jengkol (*Pithecellobium lobatum*) adalah salah satu bahan makanan yang banyak diminati oleh masyarakat Aceh sehingga jengkol juga hidup dengan subur ditanah Aceh. Lahan tanaman jengkol di Aceh Barat Daya (Abdya) mencapai 400 hektare dengan produksi mencapai 2.800 ton per tahunnya yang tersebar di 9 Kecamatan (Saputra, 2021). Jengkol biasanya yang diolah adalah buahnya, sedangkan kulitnya dibuang begitu saja sehingga menjadi limbah yang tidak ada nilai jual.

Salah satu cara untuk mengurangi limbah kulit jengkol yaitu dengan membuat kulit jengkol menjadi arang kemudian diaktivasi sehingga menjadi arang aktif. Arang aktif dapat mempercepat proses adsorpsi karena memiliki pori yang lebih besar sehingga memiliki daya serap yang tinggi. Pandia dan Warman, (2016) menjelaskan bahwa kulit jengkol mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa, nitrogen, karbon, hidrogen dan oksigen. Semakin tinggi kandungan selulosa maka akan semakin baik untuk dijadikan arang aktif. Arang aktif merupakan padatan berpori yang terbuat dari proses pembakaran dan kemudian diaktivasi.

Berdasarkan penelitian yang terdahulu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dari kulit jengkol dalam menyisihkan kadar COD dan TSS pada limbah cair tahu sehingga dapat mengurangi timbulan sampah kulit jengkol. Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Arang Aktif Klit Jengkol (*Pithecellobium lobatum*) sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Tahu”.

B. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian direncanakan dilakukan pada laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Kota Banda Aceh sedangkan untuk pembuatan arang aktif dilakukan pada laboratorium Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah. Pengambilan sampel limbah tahu dilakukan pada salah satu pabrik tahu yang ada di Punge Jurong Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh. Sedangkan pengambilan limbah

kulit jengkol dilakukan pada rumah warga yang memproduksi jengkol rendang di Kawasan Kp. Mulia, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh. Pengujian awal sampel limbah Tahu dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri (BARISTAND) yang beralamat di jalan Cut Nyak Dhien No. 377, Lamteumen Timur, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Limbah cair tahu, Kulit jengkol, HCL 37%, H₂SO₄, K₂Cr₂O₇, Aquades.

Tahap Persiapan

Pembuatan arang aktif dilakukan dengan mencuci kulit jengkol, dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 jam, kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 115°C agar kulit jengkol kering dengan sempurna (Hariati, dkk., 2017). Kemudian kulit jengkol dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 350°C untuk dibakar selama 2 jam tanpa oksigen, agar menghasilkan arang yang diinginkan. Kemudian dihaluskan menggunakan alu, dan disaring menggunakan kertas saring berukuran 100 mesh (Nurliza,2020).

Aktivitas arang kulit jengkol

Disiapkan gelas kimia, kemudian dimasukkan arang kulit jengkol yang telah disaring dan ditambahkan aktivator HCl 1 M, kemudian direndam selama 2 jam. Setelah itu disaring dan dicuci menggunakan aquades sampai pH netral. Kemudian arang dikeringkan didalam oven dengan suhu 110 ° selama 3 jam, kemudian dihitung rendemen, kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap pada arang aktif kulit jengkol sesuai dengan SNI 06-3730-1995.

Aktivator HCl 1 M didapat dari pengenceran 83 ml HCl 1 M, lalu dilarutkan menggunakan aquades sedikit demi sedikit sampai volume 1000 ml (Sari, dkk., 2017).

Analisa Rendemen

Perhitungan rendemen arang aktif untuk mengetahui persentase arang aktif yang dihasilkan. Rumus perhitungannya sebagai berikut.

$$\text{Kadar rendemen (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

a = berat sampel sebelum di furnace (gr)

b = berat sampel setelah di furnace (gr)

Analisa Kadar Air

Ditimbang sebanyak 5 gram arang aktif lalu diletakkan di cawan porselen yang telah diketahui beratnya dan dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam . Kemudian arang aktif didinginkan didalam desikator 15 menit lalu ditimbang untuk menghitung kadar air (Pelita, 2020). Rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

a = berat awal karbon aktif (gr)

b = berat akhir karbon aktif (gr)

Prosedur Penelitian

Disiapkan 4 buah *beaker glass* ukuran 1000 ml yang telah diberi label. Diisi dengan 500 ml limbah cair tahu, lalu ditambahkan dengan arang yang telah diaktivasi oleh HCl 1M sebanyak 2; 4; 6; 6 gram. Setelah itu diaduk dengan variasi kecepatan 60 dan 120 rpm selama 30 menit. Selanjutnya didiamkan selama 30 menit hingga mengendap lalu disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan residu dengan filtratnya (Cundari, dkk., 2016).

- **Pengujian COD (SNI 6989.73.2009)**

Disiapkan tabung kultur berukuran 16 x 10 mm, kemudian dimasukkan 2,5 ml sampel limbah cair tahu, 1,5 ml larutan K₂Cr₂O₇, dan 3,5 ml larutan H₂SO₄. Kemudian tutup tabung dan dihomogenkan campuran larutan tersebut. Setelah homogen kemudian diletakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan dengan suhu 150°C. kemudian didinginkan sampai suhu ruang, dan tutup tabung sesekali dibuka untuk menghindari adanya tekanan gas.

- **Pengukuran TSS (SNI 06-6989.3-2004)**

Disiapkan kertas saring *whatman* no.42 berdiameter 47 mm, kemudian kertas saring tersebut dimasukkan kedalam alat vacum dan dibilas kertas saring menggunakan aquades selama dua menit. Setelah itu dimasukkan kertas saring ke dalam oven dengan suhu 105°C untuk dipanaskan selama satu jam. Setelah itu didinginkan kertas saring didalam desikator selama 15 menit. Kemudian ditimbang berat kertas saring. Setelah itu kertas saring dicuci menggunakan air suling dan dibiarkan kering. Setelah kering dilakukan penyaringan menggunakan vakum selama tiga menit. Setelah itu dibilas kertas saring menggunakan aquades dan dimasukkan sampel kedalam vacuum. Kemudian dipindahkan kertas saring dari alat vacum, dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama satu jam. Kemudian didinginkan didalam desikator dan ditimbang. Kadar TSS dihitung menggunakan rumus:

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (ml)}} \quad (3)$$

dengan:

A= berat kertas saring + residu kering (mg)

B= berat kertas saring (mg)

- **Perhitungan Kapasitas Adsorpsi**

- Model Isoterm Langmuir

$$\frac{1}{x/m} = \frac{1}{q_m bc} + \frac{1}{q_m} \quad (4)$$

Keterangan:

$\frac{x}{m}$ = Kapasitas Adsorpsi (g/g)

Q_m = Nilai Maksimum Kapasitas Adsorpsi

C = Konsentrasi

b = Koefisien Langmuir

- Model Isoterm Freundlich

$$\ln \frac{x}{m} = \ln K + \frac{1}{n} \ln C \quad (5)$$

Keterangan:

$\frac{x}{m}$ = Kapasitas Adsorpsi (g/g)

K = Koefisien Freundlich

C_e = Konsentrasi

n = Koefisien Freundlich

- **Perhitungan Efisiensi Penyerapan**

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

E = Efisiensi (%)

C₀ = Konsentrasi awal (mg/L)

C₁ = Konsentrasi setelah pengolahan (mg/L)

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah cair tahu diolah dengan metode adsorpsi menggunakan arang aktif kulit jengkol. Eksperimen menggunakan variasi massa adsorben 2;4;6;8 gram, dan variasi kecepatan pengadukan 60 dan 120 rpm selama 30 menit. Limbah cair tahu yang diolah didapat dari salah satu pabrik tahu yang berada di Punge Jurong, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh.

Hasil pengukuran awal kadar COD, TSS, dan pH terhadap limbah cair tahu sebelum diolah dapat dilihat pada tabel 1. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai ini sudah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Hasil pengukuran kadar COD, TSS, dan pH terhadap sampel limbah cair tahu setelah pengolahan dapat dilihat pada tabel 1. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan adsorpsi terhadap limbah cair tahu terjadi penurunan kadar pada parameter COD, dan TSS, sedangkan untuk kadar pada parameter pH mengalami kenaikan. Meskipun nilai COD yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, namun penurunan yang diperoleh sangat terlihat. Penurunan kadar COD dan TSS yang sangat signifikan terjadi pada penggunaan 8 gram arang aktif dengan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 30 menit.



Gambar 1. Limbah Cair Tahu setelah Adsorpsi

Kadar air mempengaruhi kualitas arang aktif, semakin sedikit kadar air pada arang aktif maka akan semakin baik. Kadar air maksimal pada arang aktif yang diperbolehkan berdasarkan SNI 06-3730-1995 hanya 15%. Hasil pengujian kadar air yang didapat pada arang aktif untuk penelitian ini yaitu 4,04% sehingga sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Kadar air pada arang aktif dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu uap air udara, waktu pada saat pendinginan, dan sifat higroskopis pada arang (Sahara, dkk., 2017).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter COD, TSS, dan pH serta Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

Variasi		COD			TSS			pH	
Kecepatan Pengadukan (rpm)	Massa Adsorben (gram)	Awal (mg/L)	Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)	Awal (mg/L)	Akhir (mg/L)	Efisiensi (%)	Awal	Akhir
60	2	5140	4207	18,15	605	586	3,14	3,8	4,0
	4		3784	26,38		523	13,55		4,2
	6		3383	34,18		277	54,21		4,4
	8		2012	60,86		214	64,63		4,7
120	2	1617	68,54	605	196	67,60	3,8	5,0	
	4	1506	70,70		180	70,25		5,2	
	6	1226	76,15		158	73,88		6,0	
	8	1137	77,88		103	82,98		6,4	

Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan dalam Penyisihan COD

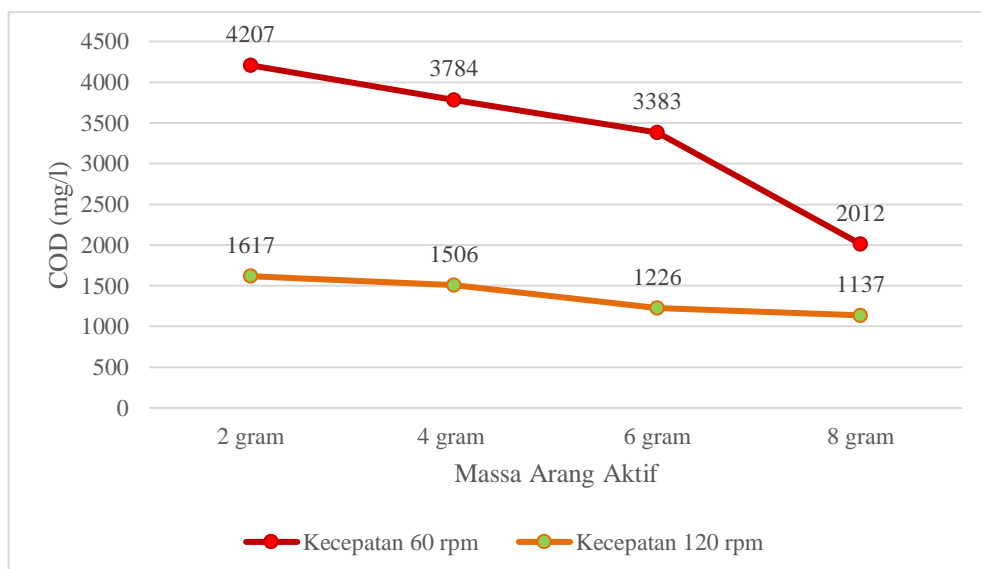
Tabel 2. Hasil Uji Kadar COD pada Limbah Cair Tahu

Parameter	Kecepatan pengadukan	Massa Adsorben	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Baku Mutu
COD	60 rpm	2 gram	5140 mg/L	4207mg/L	300 mg/L
		4 gram		3784 mg/L	
		5 gram		3383 mg/L	

120 rpm	8 gram	2012 mg/L
	2 gram	1617 mg/L
	4 gram	1506 mg/L
	6 gram	1226 mg/L
	8 gram	1137 mg/L

Hasil uji awal kadar COD pada limbah cair tahu yaitu 5140 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, kadar COD yang dapat dibuang ke lingkungan yaitu 300 mg/L. Tingginya Kadar COD pada limbah cair tahu menandakan bahwa limbah tahu mengandung bahan organik yang tinggi seperti protein dan asam amino (Ratnani,2011).

Setelah dilakukan pengolahan dengan adsorpsi menggunakan arang aktif kulit jengkol terjadi penurunan kadar COD yang signifikan meskipun belum mendekati baku mutu. Hal ini dikarenakan kadar COD yang terkandung pada limbah cair tahu sangat tinggi. Penggunaan massa adsorben 8 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm dapat menurunkan kadar COD hingga 1137 mg/L. Penurunan kadar COD dapat dilihat pada gambar 2. Hasil uji emisi mobil agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I teknologi *eco indicator*, berdasarkan parameter Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan Karbon dioksida (CO₂) setelah dipasang alat saring dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 2. Penurunan Kadar COD Setelah Adsorpsi

Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan dalam Penyisihan TSS

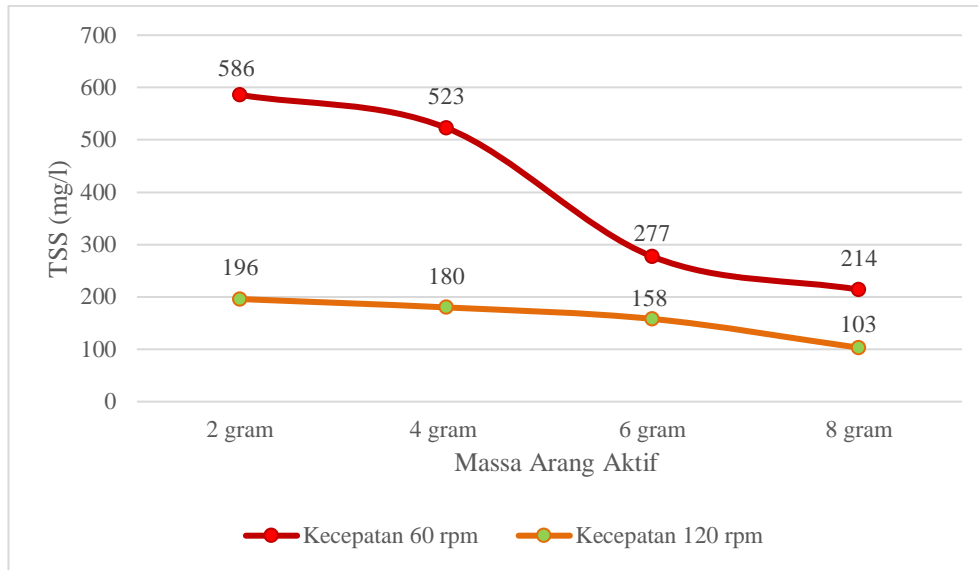
Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan yang terlarut dalam air sehingga dapat menyebabkan kekeruhan. Kadar TSS yang tinggi dalam air menghalangi sinar matahari masuk kedalam air sehingga dapat mengganggu proses fotosintesis didalam air (Widyaningsih dalam Rumi, 2021). Maka dari itu perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum air limbah dibuang ke lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif pada lingkungan.

Penurunan kadar TSS dalam limbah cair tahu dilakukan dengan proses adsorpsi menggunakan arang aktif kulit jengkol. Pengaruh kecepatan pengadukan dan massa adsorben dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kadar TSS pada Limbah Cair Tahu

Parameter	Kecepatan pengadukan	Massa Adsorben	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Baku Mutu
TSS	60 rpm	2 gram	605 mg/L	586 mg/L	200 mg/L
		4 gram		523 mg/L	
		5 gram		277 mg/L	
		8 gram		214 mg/L	
	120 rpm	2 gram		196 mg/L	
		4 gram		180 mg/L	
		6 gram		158 mg/L	
		8 gram		103 mg/L	

Hasil uji awal kadar TSS pada limbah cair tahu yaitu 586 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah hasil uji awal kadar TSS masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Setelah dilakukan pengolahan dengan adsorpsi menggunakan arang aktif kulit jengkol, terjadi penurunan kadar TSS dengan signifikan. Penggunaan massa adsorben 2 gram dengan pengadukan 120 rpm menghasilkan kadar TSS yang sudah tidak melebihi baku mutu yaitu 196 mg/l. Penurunan kadar TSS dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Penurunan Kadar TSS Setelah Adsorpsi

Kapasitas Adsorpsi

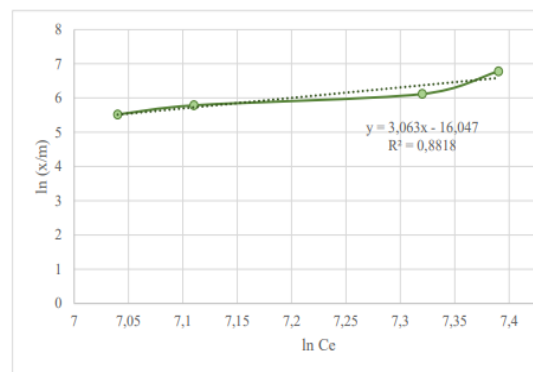
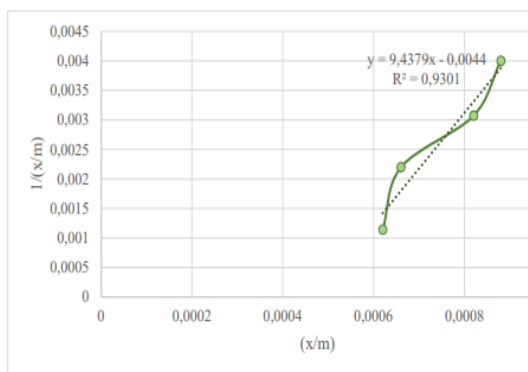
Kapasitas adsorpsi merupakan jumlah adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben (Aisyahlika, dkk., 2018). Perhitungan kapasitas adsorpsi dapat menggunakan metode isoterm. Isoterm adsorpsi menjelaskan hubungan antara konsentrasi adsorbat dan adsorben pada suatu larutan dengan suhu yang konstan, sehingga dapat diketahui tingkat penyerapan adsorben pada permukaan adsorben. Perhitungan isoterm adsorpsi (Mashruhin, dkk., 2018).

Perhitungan isoterm pada penelitian ini menggunakan 2 persamaan yaitu persamaan Langmuir dan Freundlich. Hasil perhitungan persamaan Langmuir dan Freundlich kemudian digambar dalam bentuk grafik linear, dan kemudian ditentukan nilai determinasi R^2 yang mendekati 1, maka persamaan tersebut yang digunakan untuk mengetahui proses adsorpsi yang terjadi (Handayani, dan Sulistiyono, 2009).

Persamaan Langmuir dan Freundlich dapat ditentukan dengan mengetahui harga C_e , x , x/m , $\ln(x/m)$ dan $\ln C_e$ untuk persamaan Freundlich dan $1/(x/m)$ dan $1/C_e$ untuk persamaan langmuir. Hasil dari perhitungan harga C_e , x , x/m , $\ln(x/m)$, $\ln C_e$, $1/(x/m)$, dan $1/C_e$ dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Harga C_e , x , x/m , $\ln(x/m)$, $\ln C_e$, $1/(x/m)$, dan $1/C_e$ pada penyisihan COD

Kecepatan pengadukan	Massa (gram)	C_e	x	x/m	$\ln(x/m)$	$\ln C_e$	$1/(x/m)$	$1/C_e$
60 rpm	2	4207	466,5	233,25	5,45	8,34	0,00429	0,00024
	4	3784	678	169,50	5,13	8,24	0,00590	0,00026
	6	3383	878,5	146,42	4,99	8,13	0,00683	0,00030
	8	2012	1564	195,50	5,28	7,61	0,00512	0,00050
120 rpm	2	1617	1761,5	880,75	6,78	7,39	0,00114	0,00062
	4	1506	1817	454,25	6,12	7,32	0,00220	0,00066
	6	1226	1957	326,17	5,79	7,11	0,00307	0,00082
	8	1137	2001,5	250,19	5,52	7,04	0,00400	0,00088



Gambar 4. Grafik isoterm Langmuir pada penyisihan COD

Gambar 5. Grafik isoterm Freundlich pada penyisihan COD

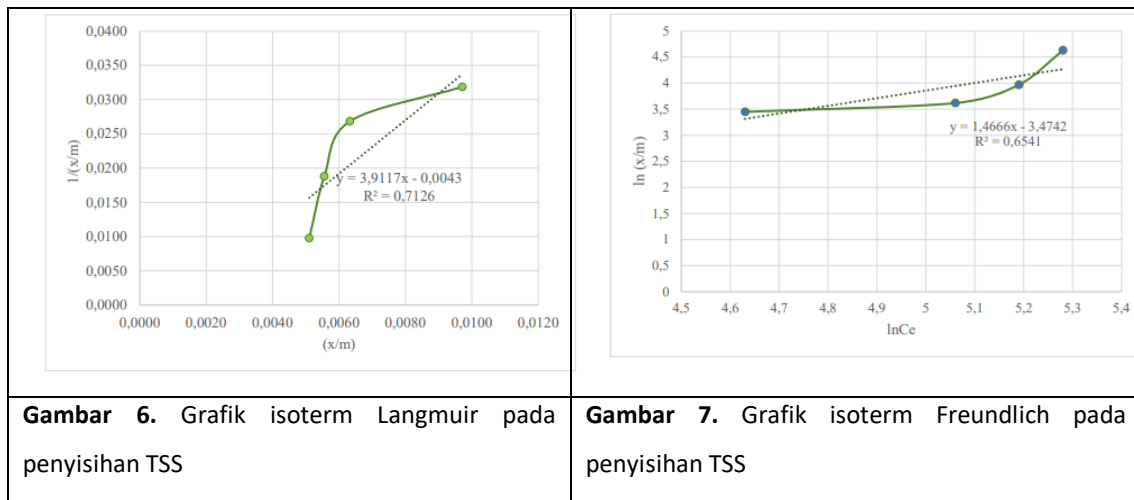
Berdasarkan gambar 4 dan gambar 5 dapat diketahui nilai determinasi R^2 untuk persamaan Langmuir pada penyisihan COD sebesar 0,9301 dan nilai determinasi R^2 untuk persamaan Freundlich pada penyisihan COD 0,8818. Sehingga pada penelitian ini menggunakan isoterm model Langmuir karena nilai determinasi R^2 persamaan Langmuir mendekati 1. Dengan demikian dapat ditentukan persamaan Langmuir pada penyisihan COD yaitu:

$$\frac{x}{m} = \frac{0,01059 C_e}{1 - 0,0000466 C_e}$$

Dengan mengetahui persamaan tersebut, dapat diketahui kapasitas maksimum adsorpsi limbah cair tahu dalam penyisihan COD sebesar 32,09 mg/g.

Tabel 5. Harga Ce, x, x/m, ln(x/m), ln Ce, 1/(x/m), dan 1/Ce pada penyisihan TSS

Kecepatan pengadukan	Massa (gram)	Ce	x	x/m	ln(x/m)	ln Ce	1/(x/m)	1/Ce
60 rpm	2	586	9,5	4,75	1,56	6,37	0,2105	0,0017
	4	523	41	10,25	2,33	6,26	0,0976	0,0019
	6	277	164	27,33	3,31	5,62	0,0366	0,0036
	8	214	195,5	24,44	3,20	5,37	0,0409	0,0047
120 rpm	2	196	204,5	102,25	4,63	5,28	0,0098	0,0051
	4	180	212,5	53,13	3,97	5,19	0,0188	0,0056
	6	158	223,5	37,25	3,62	5,06	0,0268	0,0063
	8	103	251	31,38	3,45	4,63	0,0319	0,0097



Berdasarkan gambar 4.6 dan gambar 4.7 dapat diketahui nilai determinasi R^2 untuk persamaan Langmuir pada penyisihan TSS sebesar 0,7126 dan nilai determinasi R^2 untuk persamaan Freundlich pada penyisihan TSS 0,6541. Sehingga pada penelitian ini menggunakan isoterm model Langmuir karena nilai determinasi R^2 persamaan Langmuir mendekati 1. Dengan demikian dapat ditentukan persamaan Langmuir pada penyisihan TSS yaitu:

$$\frac{x}{m} = \frac{0,2558 Ce}{1 - 0,0011 Ce}$$

Dengan mengetahui persamaan tersebut, dapat dihitung kapasitas maksimum adsorpsi limbah cair tahu pada penyisihan kadar TSS yaitu 65,59 mg/g.

Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan TSS

Tingkat efisiensi penyerapan kadar COD dan TSS oleh arang aktif kulit jengkol didapat setelah dikontakkan arang aktif dengan limbah cair. Pada pengujian adsorpsi ini menggunakan 2 variasi, yaitu variasi massa adsorben dengan berat 2;4;6;8 gram, dan variasi kecepatan pengadukan dengan kecepatan 60 dan 120 rpm. Adsorben yang digunakan berukuran 100 mesh. Ukuran partikel adsorben mempengaruhi keberhasilan proses adsorpsi. Menurut Reyra, dkk (2017) semakin kecil ukuran adsorben maka luas permukaan adsorben semakin besar, sehingga partikel yang teradsorpsi semakin banyak.

Keberhasilan proses adsorpsi juga dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak struktur adsorben dan ikatan adsorben dan adsorbat akan terlepas, menyebabkan proses adsorpsi tidak optimal (Syauqiah 2011).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan nilai efisiensi penyisihan kadar COD dan TSS menggunakan arang aktif kulit jengkol dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan TSS

Variasi		Efisiensi Penyisihan COD	Efisiensi Penyisihan TSS
Kecepatan (rpm)	Massa (gram)		
60	2	18,15 %	3,14 %
	4	26,38 %	13,55 %
	6	34,18 %	54,21 %
	8	60,86 %	64,63 %
120	2	68,54 %	67,60 %
	4	70,70 %	70,25 %

6	76,15 %	73,88 %
8	77,88 %	82,98 %

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui efisiensi penyisihan kadar COD dan TSS paling besar dengan menggunakan massa adsorben 8 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm. Efisiensi penyisihan COD sebesar 77,88% dan TSS 82,98%.

Penyisihan kadar COD pada limbah cair tahu paling efisien metode adsorpsi menggunakan arang aktif kulit jengkol 8 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 30 menit. Nilai efisiensi penyisihan kadar COD didapat dari perhitungan menggunakan rumus efisiensi penyerapan adsorpsi.

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \%$$

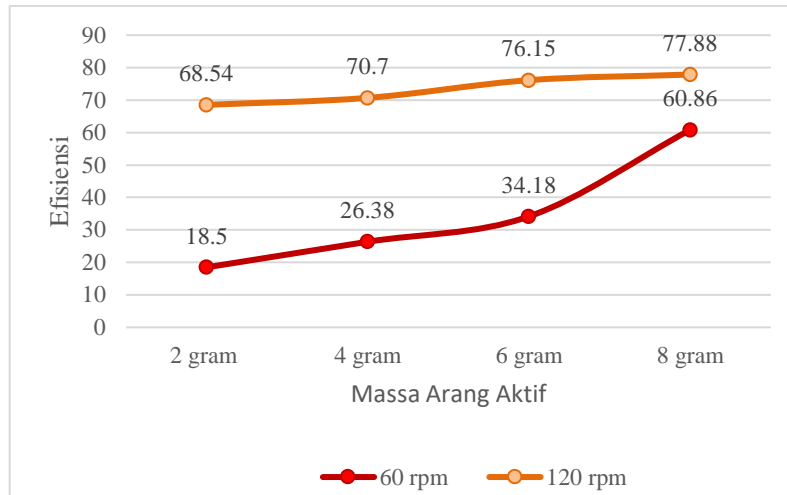
$$E = \frac{5140 - 1131}{5140} \times 100 \%$$

$$E = \frac{40003}{5140} \times 100 \%$$

$$E = 0,7788 \times 100 \%$$

$$E = 77,88 \%$$

Dimana C_0 merupakan konsentrasi COD sebelum dilakukan pengolahan, dan C_1 merupakan konsentrasi COD setelah dilakukan pengolahan dengan menambahkan 8 gram arang aktif kulit jengkol dan pengadukan dengan kecepatan pengadukan 120 rpm. Efisiensi yang dihasilkan sebesar 77,88 %. Nilai efisiensi yang tinggi menunjukkan penurunan kadar COD yang tinggi pula. Peningkatan nilai efisiensi penyisihan kadar COD dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Peningkatan Nilai Efisiensi Penyisihan Kadar COD

Penyisihan kadar TSS pada limbah cair tahu paling efisien metode adsorpsi menggunakan arang aktif kulit jengkol 8 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 30 menit. Tingginya tingkat penyisihan kadar TSS ditandai dengan limbah cair yang dihasilkan setelah pengolahan lebih jernih dibandingkan limbah cair tahu sebelum pengolahan. Hal ini dibuktikan dengan tidak banyak residu yang menempel pada kertas saring saat pengukuran TSS.

Nilai efisiensi penyisihan kadar TSS didapat dari perhitungan menggunakan rumus efisiensi penyerapan adsorpsi.

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \%$$

$$E = \frac{605 - 103}{605} \times 100 \%$$

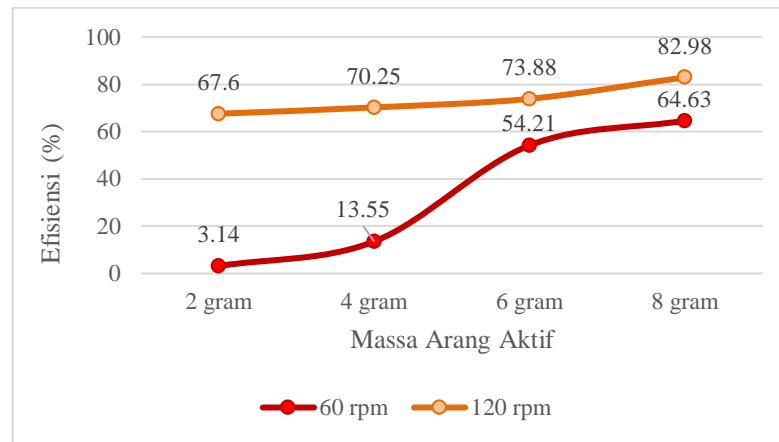
$$E = \frac{502}{605} \times 100 \%$$

$$E = 0,8298 \times 100 \%$$

$$E = 82,98 \%$$

Dimana C_0 merupakan konsentrasi TSS sebelum dilakukan pengolahan, dan C_1 merupakan konsentrasi TSS setelah dilakukan pengolahan dengan menambahkan 8 gram arang aktif kulit jengkol dan pengadukan dengan kecepatan pengadukan 120 rpm.

Efisiensi yang dihasilkan sebesar 82,98 %. Peningkatan nilai efisiensi penyisihan kadar TSS dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Peningkatan Nilai Efisiensi Penyisihan Kadar TSS

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah:

1. Kulit jengkol dapat dijadikan arang aktif untuk menyisihkan kadar COD dan TSS pada limbah cair tahu menggunakan metode adsorpsi karena mengandung selusosa, hemiselulosa, dan karbon.
2. Arang aktif kulit jengkol mampu menyisihkan kadar COD hingga 1137 mg/L dan TSS mencapai 103 mg/L.
3. Variasi kecepatan pengadukan sangat berpengaruh dalam penyisihan kadar COD dan TSS.
4. Kecepatan pengadukan 120 rpm lebih efektif dalam penyisihan kadar COD dan TSS dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 60 rpm.
5. Kapasitas adsorpsi maksimum untuk penyisihan COD sebesar 32,09 mg/g dan untuk penyisihan TSS sebesar

Adapun saran dan masukan dalam penelitian ini adalah:

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan mengenai adsorpsi menggunakan arang aktif kulit jengkol dengan parameter pencemar lainnya, seperti kadar BOD, TDS, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyahlika, S., Z., dkk. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap Zat Warna Sintetis *Reactive Red-120* dan *Reactive Blue-198*. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 2(2), 148-155.
- Cundari, L., dkk. (2016). Pengolahan Limbah Cair Kain Jumputan menggunakan Karbon Aktif dari Sampah Plastik. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(3), 26-33.
- Handayani, M., dan Sulistiyono, E, (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit. *PTNBR-BATAN Bandung*. 130-136.
- Hariati, dkk. (2017). Sintesis Karbon Aktif Cangkang Jengkol (*Pithecellobium lobatum*) dengan Bantuan Ultrasonik sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia. *Jurnal Atomik*, 02(2), 227-331.
- Masruhin, dkk. (2018). Penjerapan Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 03(01), 11-20.
- Nurliza. (2020). "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) Sebagai Bioadsorben Penyerap Logam Besi (II) Pada Air Sumur di Desa Baet Kabupaten Aceh Besar". Skripsi. Kimia. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Pandia, F., dan Warman, B. (2016). Pemanfaatan Kulit Jengkol Sebagai Adsorben dalam Penyerapan Logam Cd (II) Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4), 57-63.
- Pelita, Y.T. (2020). "Pemanfaatan Produk *Char* Hasil Pirolisis dari Sampah Plastik Jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) Sebagai Karbon Aktif". Skripsi. Teknik Lingkungan. Universitas Sumatera Utara.
- Ratnani, R., D. (2011) Kecepatan Penyerapan Zat Organik pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Lumpur Aktif. *Momentum*, 7(2):18-24.

- Reyra, A., S., dkk. (2017). Pengaruh Massa dan Ukuran Adsorben Daun Nanas Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*, (2):1-9.
- Sahara, E., dkk. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi Dengan H₃PO₄. *Jurnal Kimia*, 11(1), 1-9.
- Saputra, D. (2021). "Jengkol Jadi Peluang Ekonomi Baru Bagi Warga Abdya". <http://acehbaratdayakab.go.id/berita/kategori/pertanian-dan-peternakan/jengkol-jadi-peluang-ekonomi-baru-bagi-warga-abdya>. Diakses pada 02 Maret 2021.
- Sari, W., R., dkk. (2017). Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Daun Alpukat (*Persea americana M.*) sebagai Inhibitor Baja SS-304 dalam Larutan HCl 1M. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 07(02), 207-214
- Sayow, F., dkk. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Jurnal Nasional Sinta 5*, 16(2), 245-252.
- Setioningrum, R., N., K., dkk. (2020). Gambaran Kualitas Air Bersih Kawasan Domestik Di Jawa Timur Pada Tahun 2019. *Jurnal Ikesma*, 16(2), 87-88.
- Sulistiyanti, D., dkk. (2018). Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi Dalam Pengolahan Limbah Laboratorium. *EduChemia*, 3(2), 147-156.
- Sumardiyono, dan Soebiyanto. (2019). Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida pada Arang Aktif Kulit Kelapa Muda untuk Menurunkan BOD Dan DO Limbah Cair Tahu. *Biomedika*, 12(1), 62-66.
- Syauqiah, I., dkk. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11-21.