

EFEKTIVITAS ADSORBEN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK TAHU

Zulfa Nurul Chairunnisa^{1*}, A.M. Fuadi²

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102.

*Email: d500170050@student.ums.ac.id

Abstrak

Kelapa memegang peranan penting dalam kehidupan, sehingga terdapat sisa hasil proses olahan kelapa terdapat limbah padat yang belum dimaksimalkan pengolahannya, yaitu tempurung kelapa. Faktor yang berpengaruh terhadap kemampuan tempurung kelapa sebagai adsorben diantaranya selulose, lignin, proses pembakaran, dan proses aktivasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas proses adsorpsi dalam menurunkan nilai COD dan TSS dari limbah cair tahu dengan bioadsorben karbon aktif dari tempurung kelapa. Fokus penelitian ini menggunakan metode adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Dalam penelitian digunakan variasi yang terdiri dari kecepatan pengadukan (50 rpm, 120 rpm, dan 400 rpm), waktu kontak adsorpsi (15 menit, 60 menit, dan 180 menit), serta ukuran partikel adsorben (20 mesh, 70 mesh, dan 500 mesh). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kecepatan pengadukan, variasi ukuran adsorben dan variasi waktu kontak pada partikel adsorben dengan karbon aktif dari tempurung kelapa efektif menurunkan kadar COD dan kadar TSS di bawah standar baku mutu limbah pabrik tahu (standar baku COD 300 mg/L dan standar baku TSS 200 mg/L) berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yakni 616,667 mg/l menjadi 112,75 mg/l dengan kecepatan pengadukan cepat (180 rpm) dan pengadukan lambat (80 rpm).

Kata kunci: COD; limbah cair tahu; tempurung kelapa; TSS

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris mempunyai sumber daya alam yang sangat melimpah. Kelapa merupakan sumber daya alam yang ditemui di negara ini. Kelapa dapat dimanfaatkan untuk berbagai olahan. Salah satunya dapat digunakan sebagai adsorben. Faktor yang berpengaruh terhadap kemampuan tempurung kelapa sebagai adsorben diantaranya selulose, lignin, proses pembakaran, dan proses aktivasi (Rahayu et al., 2014). Sejauh ini, tempurung kelapa dapat digunakan sebagai adsorben setelah melalui perlakuan awal dikarbonasi kemudian diaktifasi (Mardina et al., 2012; Rahayu et al., 2014).

Suatu pabrik pasti mengalami proses produksi, di mana hal tersebut menghasilkan berbagai macam limbah. Terdapat dua jenis limbah yang dihasilkan dan dibedakan menurut bentuk fisik yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah padat dari proses produksi industri tahu merupakan ampas tahu. Limbah cair produksi adalah limbah cair yang kaya akan zat organik karena tahu sendiri merupakan sumber protein nabati (Sato et al., 2015).

Tidak semua pabrik tahu baik skala kecil maupun besar mempunyai instalasi pengolahan

air limbah yang baik. Limbah cair dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu yang mengandung *Total Suspended Solid (TSS)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* (Pradana et al., 2018). Sehingga dengan adanya instalasi pengolahan air limbah, zat yang diharapkan dapat berkurang kadarnya tidak mengalami perubahan kadar yang signifikan. Maka dari itu, perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut supaya limbah cair tahu dapat dilepaskan sesuai standar pengolahan limbah yang berlaku (Ridhuan, 2016).

Limbah cair dari proses industri tahu merupakan limbah yang kaya akan kadar zat organik. Yang jika dilepaskan tanpa diolah terlebih dahulu akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan disekitar pabrik tersebut. Dan limbah cair tersebut merupakan sumber nutrisi yang diperlukan mikroorganisme untuk tumbuh (Maryana et al., 2016).

Umumnya, masalah ini dapat diatasi dengan berbagai macam metode pengolahan limbah cair. Metode yang pada umumnya digunakan adalah pengolahan limbah secara aerobik dan anaerobik. Permasalahan yang terjadi di masyarakat antara lain adanya bau busuk yang

disebabkan oleh pengolahan limbah cair tahu yang kurang sempurna, hal ini dikarenakan limbah cair tahu yang belum diolah mengandung nilai COD dan TSS yang melebihi ambang batas. Dengan ini dikembangkan metode lain untuk mengolah limbah cair tahu sebagai alternatif untuk mengurangi dampak dari buangan industri tahu tersebut dengan metode melakukan adsorpsi terlebih dahulu ke limbah cair tahu untuk mengurangi nilai COD dan TSS (Ridhayanti & Rusmini, 2020).

Demikian, perlu ditemukan solusi supaya pengolahan limbah dapat dilakukan dan tidak membebani biaya mengingat skala pabrik yang kecil. Penelitian mengenai efektivitas adsorben tempurung kelapa untuk menurunkan kadar COD dan TSS telah banyak dibahas, seperti pengaruhnya terhadap limbah cair (Nurhaliq et al., 2022; Resky et al., 2022), penyaringan limbah tahu dengan media kombinasi (Adi et al., 2019), adsorpsi limbah pengolahan lumpia (Putri et al., 2020), dan penurunan kadar COD pada limbah cair kelapa sawit (Siregar et al., 2015).

Hal tersebut perlu dikembangkan metode pengolahan limbah yang murah biayanya serta mempunyai efek yang minimal terhadap lingkungan. Pengembangan metode yang ditemukan adalah metode Adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif. Pemisahan ini dapat dijadikan sebagai jalur alternatif yang lebih ramah lingkungan, tidak membutuhkan energi yang besar dalam pengolahan limbah, dan biaya operasi yang lebih murah. Metode ini dapat dijalankan dengan memanfaatkan limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai karbon aktif. Prinsip metode adsorpsi ini adalah adanya gaya tarik-menarik yang terjadi dalam suatu komponen yang terjadi akibat aktivitas perpindahan molekul dari larutan ke dalam permukaan adsorben (Sirajuddin & Harjanto, 2018). Demikian, penelitian ini menggunakan tempurung kelapa sebagai adsorben untuk mengetahui efektivitas proses adsorpsi untuk menurunkan kadar COD dan TSS dari limbah tahu.

2. METODOLOGI

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya air limbah cair pabrik tahu 5 liter, aquades 20 liter, asam oksalat 0,1891 gram, H₂SO₄ 55,56 ml, KMnO₄ 0,1580 gram, dan kertas saring Whatmann no 40 sebanyak 27 lembar. Untuk peralatan diantaranya ayakan dengan ukuran 20, 70, 500

mesh sejumlah masing-masing 1 buah, buret 1 buah, cawan 1 buah, corong kaca 3 buah, desikator 1 buah, erlemeyer 250 ml sebanyak 3 buah, filtering flask 500 ml sebanyak 1 buah, gelas beker dengan ukuran 250 ml dan 500 ml masing-masing 3 buah, hotplate 1 buah, jerigen 5 liter sebanyak 1 buah, kaca arloji 1 buah, karet hisap 1 buah, kertas saring secukupnya, klem 1 buah, motor alu 1 buah, labu ukur berukuran 100 ml, 250 ml, dan 500 ml masing-masing 2 buah, neraca analitik 1 buah, oven 1 buah, magnetic stirrer 1 buah, pengaduk kaca 2 buah, pipet ukut dengan ukuran 3, 5, dan 10 masing-masing 2 buah, statif, serta termometer.

2.1. Prosedur Analisis COD dan TSS

2.1.1. Uji COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Perhitungan dalam uji COD (*Chemical Oxygen Demand*) mengacu pada SNI 06-4571-1998, di mana menguji kebutuhan COD air limbah secara permanganometri.

2.1.1.1. Standarisasi KMnO₄

Standarisasi larutan KMnO₄. Larutan asam oksalat 0,01 N sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan menambahkan larutan H₂SO₄ 4N sebanyak 5 mL. Kemudian memanaskannya pada *hot plate* hingga suhu ± 80°C, lalu menitrasi larutan tersebut dengan larutan KMnO₄ sampai terjadi perubahan warna dari tidak berwarna menjadi warna lembayung muda. Normalitas KMnO₄ dihitung sebagai berikut (Prihatin & Sugiharto, 2021).

$$N \text{ KMnO}_4 = \frac{(N.V)H_2C_2O_4}{a \text{ mL KMnO}_4}$$

2.1.1.2. Analisis Sampel

Sampel limbah cair tahu sebelum dan sesudah *treatment* Adsorpsi diambil sebanyak 1 mL kemudian diencerkan dengan aquades hingga volumenya menjadi 10 mL. Dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 5 mL H₂SO₄ 4N. Kemudian campuran larutan tersebut dipanaskan pada *hot plate* sampai suhu ± 80°C. Setelah ini, larutan dititrasi dengan larutan KMnO₄ 0,01N hingga Titik Akhir Titrasi (TAT) (a mL). Larutan Asam Oksalat 0,01N ditambahkan sebanyak 10 mL. Larutan tersebut dipanaskan kembali pada *hot plate* sampai suhu ± 80°C. Kemudian dititrasi kembali dengan larutan KMnO₄ 0,01N sampai berubah warna dari ungu kemerahan hingga ungu tua pekat (sebagai b mL). Analisis kadar COD dihitung menggunakan persamaan (Prihatin & Sugiharto, 2021) berikut ini.

$$COD = \frac{[(a+b) mL \cdot N KMnO_4 - (N \cdot V) H_2C_2O_4]}{H_2C_2O_4}$$

2.1.2. Uji TSS (Total Suspended Solid)

TSS menggunakan sampel disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang (Badan Standardisasi Nasional, 2004). Residu yang tertinggal pada saringan dikeringkan hingga mencapai berat konstan pada suhu 103°C - 105°C dengan waktu pemanasan selama 30 menit. Kenaikan berat saringan yang didapat merupakan padat tersuspensi total (TSS). Apabila padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Perhitungan TSS menggunakan acuan SNI 06-6989.3-2004 secara gravimetri. Untuk menghitung perbedaan TSS (Clesceri et al., 1998) sebagai berikut:

$$Mg\ TSS\ per\ liter = \frac{(A - B) \times 1000}{volume\ kontrol\ uji\ (mL)}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Baku mutu air limbah industri tahu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah sebagaimana pada Tabel 1(Sayow et al., 2020) sebagai berikut.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu

Jenis Limbah	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)
COD	300	6
TSS	200	4
Kualitas air limbah paling tinggi (m/ton)	20	20

Keterangan:

- Satuan kuantitas air limbah adalah m3 per ton bahan baku
- Satuan beban merupakan kg per ton bahan baku

3.1. Pengujian COD

Pengujian COD pada limbah pabrik tahu menggunakan karbon aktif terbuat dari tempurung kelapa menghasilkan sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian COD

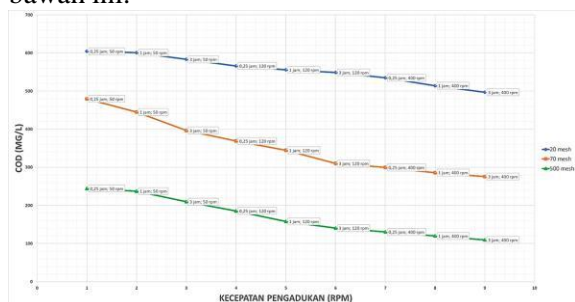
Ukuran Adsorben (Mesh)	Suhu (°C)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Adsorpsi (menit)	COD (mg/L)
20	29	50	60	600,5763689
			180	583,2853026
			15	565,9942363
		120	60	555,6195965
			180	548,70317
			15	534,870317
		400	60	514,1210375
			180	496,8299712
			15	479,5389049
		50	60	444,9567723
			180	396,5417867
70	29		15	368,8760807
		120	60	344,6685879
			180	310,0864553
			15	299,7118156
		400	60	285,8789625
			180	275,5043228
			15	244,3804035
		50	60	237,4639769
			180	209,7982709
			15	185,5907781
500	29	120	60	157,925072
			180	140,6340058
			15	130,259366
		400	60	119,8847262
			180	109,5100865

20	29	50	60	600,5763689
			180	583,2853026
			15	565,9942363
		120	60	555,6195965
			180	548,70317
			15	534,870317
		400	60	514,1210375
			180	496,8299712
			15	479,5389049
		50	60	444,9567723
			180	396,5417867
70	29		15	368,8760807
		120	60	344,6685879
			180	310,0864553
			15	299,7118156
		400	60	285,8789625
			180	275,5043228
			15	244,3804035
		50	60	237,4639769
			180	209,7982709
			15	185,5907781
500	29	120	60	157,925072
			180	140,6340058
			15	130,259366
		400	60	119,8847262
			180	109,5100865

Tabel 2 menunjukkan bahwa percobaan dilakukan 27 kali dengan setiap ukuran adsorben dilakukan variasi kecepatan pengadukan, dan waktu adsorpsi. Ukuran adsorben terdiri dari 20 mesh, 70 mesh dan 500 mesh dalam waktu 15 menit, 60 menit, dan 180 menit dengan kecepatan pengadukan mulai dari 50 rpm, 120 rpm, dan 400 rpm. Pada ukuran adsorben 20 mesh dengan kecepatan pengadukan 50 rpm menghasilkan kadar COD sebesar 604,03 mg/L (15 menit), 600,57 mg/L (60 menit), dan 583,28 mg/L (180 menit). Pada ukuran adsorben yang sama (20 mesh) dengan kecepatan pengadukan 120 rpm menghasilkan kadar COD sebesar 565,99 mg/L (15 menit), 555,61 mg/L (60 menit), dan 548,70 (180 menit). Untuk ukuran adsorben 20 mesh dengan kecepatan pengadukan 400 rpm menghasilkan kadar COD sebesar 534,87 mg/L (15 menit), 514,12 mg/L (60 menit), dan 496,82 mg/L (180 menit).

Ukuran adsorben 70 mesh dengan kecepatan pengadukan 50 rpm menghasilkan 479,37 mg/L (15 menit), 444,95 mg/L (60 menit), dan 396,54 mg/L (180 menit). Dengan ukuran adsorben yang sama dan berbeda kecepatan pengadukan (120 rpm) menghasilkan kadar COD sebesar 368,87 mg/L (15 menit), 344,66 mg/L (60 menit), dan 310,08 mg/L (180 menit). Untuk kecepatan pengadukan 400 rpm dengan ukuran adsorben yang samamenghasilkan 299,71 mg/L (15 menit), 285,87 mg/L (60 menit), dan 275,50 mg/L (180 menit).

Ukuran adsorben 500 *mesh* dengan kecepatan pengadukan 50 *rpm* menghasilkan kadar COD sebesar 244,38 mg/L (15 menit), 237,46 mg/L (60 menit), dan 209,79 mg/L (180 menit). Untuk kecepatan pengadukan 120 *rpm* dengan ukuran adsorben menghasilkan 185,59 mg/L (15 menit), 157,92 mg/L (60 menit), dan 140,63 mg/L (180 menit). Ukuran adsorben yang sama dengan kecepatan pengadukan 400 *rpm* menghasilkan 130,25 mg/L (15 menit), 119,88 mg/L (60 menit), dan 109,51 mg/L (180 menit). Sehingga dapat dilihat melalui grafik di bawah ini.



Gambar 1. Grafik COD

Gambar 1 menunjukkan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa dapat menurunkan kadar COD. Penurunan terjadi dikarenakan polutan yang ada di sampel ini dijerap oleh adsorben, dimana penyerapan ini dipengaruhi oleh beberapa variasi yaitu variasi kecepatan pengadukan, ukuran partikel adsorben, serta waktu adsorpsi. Meningkatnya kecepatan pengadukan, kadar COD dari limbah yang diberi perlakuan akan menurun. Kecepatan pengadukan dalam penelitian ini mempunyai peran yaitu meningkatkan interaksi tumbukan antara adsorben dan adsorbat.

Semakin sering terjadinya tumbukan antara partikel adsorben dan adsorbat, maka interaksi dari adsorben dengan polutan akan semakin sering dan hal ini menyebabkan terjerapnya polutan ke dalam adsorben, sehingga menurunkan kadar COD dari limbah tersebut. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa adanya pengaruh dosis koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap efisiensi *removal* kadar COD. Hasil yang ditemui yaitu kadar COD menurun dari 616,667 mg/l menjadi 112,75 mg/l dengan kecepatan pengadukan cepat (180 *rpm*) dan pengadukan lambat (80 *rpm*). Selain itu, terdapat kenaikan efisiensi *removal* kadar COD dari kedua belas variasi dengan berbagai rentang kecepatan pengadukan cepat dan

pengadukan lambat (Ramadhani & Moesriati, 2013).

Semakin besar ukuran partikel (*mesh*) dari adsorben, maka semakin menurun kadar COD dari limbah yang ditreatment setelah diberikannya variasi ukuran partikel. Hal ini dikarenakan, lubang pori dari ukuran partikel yang makin rapat (semakin besar angka *mesh*), pori-porinya berukuran besar. Ini berhubungan dengan luas permukaan dari adsorben tersebut, semakin besar pori maka luas permukaan dari adsorben juga akan semakin membesar. Sehingga memungkinkan polutan dapat menempel pada pori-pori adsorben yang mengakibatkan menurunnya kadar COD pada sampel yang di *treatment*.

Hasil penyisihan sebanyak 63,26% dari ukuran partikel adsorben 70 *mesh* dapat menurunkan kadar COD, sedangkan dengan ukuran partikel adsorben 120 *mesh* ditemui hasil penyisihan sebanyak 86,4%. Hal tersebut dikarenakan ukuran adsorben yang lebih besar (70 *mesh*) yang menghasilkan permukaan partikel relatif kecil. Dengan demikian, permukaan partikel yang relatif lebih kecil tersebut memerlukan konsentrasi tinggi untuk menyerap partikel koloid dalam air limbah yang terdispersi. Namun, pada penelitian sebelumnya, menggunakan ukuran adsorben lebih besar (120 *mesh*) yang menghasilkan luas partikel lebih besar sehingga adsorben semakin besar dan lebih efektif karena adanya zat aktif (Haslinah, 2020).

Hal ini berbeda dengan pengaruh dari diberikannya variasi waktu adsorpsi, dapat dilihat bahwa kadar COD semakin menurun jika waktu adsorpsi yang diberikan kepada sampel semakin lama, hal ini disebabkan dengan semakin bertambahnya waktu adsorpsi maka proses adsorpsi atau kontak antara adsorben dan adsorbat akan semakin lama sehingga partikel polutan akan lebih lama berinteraksi dengan adsorben yang menyebabkan menurunnya kadar COD dari limbah yang ditreatment. Hasil penurunan kadar COD pada waktu kontak tidak berbeda jauh dari ketiga pengulangan, sehingga dapat dikatakan waktu pengulangan tersebut stabil.

Penelitian sebelumnya mengemukakan bahwa efektivitas waktu kontak menurunkan kadar COD terletak ke-120 menit dengan hasil sebesar 305,75 mg/L dengan penurunan kadar COD air limbah sebanyak 72,86% - 98,41% (Kurniawati & Sanuddin, 2020). Lama kontak merupakan waktu kontak antara air limbah

dengan media. Semakin banyak polutan yang diikat oleh arang aktif dan zeolite menandakan semakin lamanya waktu kontak. Proses adsorpsi akan terus berlangsung hingga mencapai titik keseimbangan. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa proses adsorpsi belum mencapai pada titik kejenuhan (Kurniawati & Sanuddin, 2020).

Penelitian tersebut ditemui memerlukan waktu yang lama dalam mencapai kesetimbangan di mana kadar COD, TSS, dan pH pada waktu kontak 10 menit hingga 120 menit. Hal tersebut dikarenakan media yang dibuat belum menyerap adsorbat, sehingga adsorbat dapat memenuhi ruang dari tekanan. Selain itu, agar terjadi tingkat maksimal volume pori, semakin lama waktu kontak terhadap media, maka adsorbat akan terdorong hingga akhir pori dan dapat memenuhi ruang di muka untuk diisi oleh zat adsorbat yang baru pada media yang telah dibuat (Kurniawati & Sanuddin, 2020). Dengan demikian, variasi kecepatan pengadukan, ukuran partikel adsorben, dan waktu kontak adsorpsi memiliki pengaruh terhadap penurunan kadar COD.

Tabel 2 menunjukkan bahwa berdasarkan baku mutu air limbah, kadar nilai COD termasuk kondisi baik karena mengalami penurunan dari standar yang baku. Apabila nilai parameter COD pada limbah pabrik tahu tinggi, maka mengakibatkan rusaknya kehidupan biota air (Sayow et al., 2020). Hasil penelitian yang mendukung yaitu adanya penurunan kadar COD limbah cair tahu dengan metode elektrokoagulasi (Prosperity et al., 2021). Besarnya penurunan kadar COD pada kecepatan pengadukan 350 rpm yaitu 1833 mg/L, semakin besar kecepatan pengadukan, maka semakin turun kadar COD pada limbah (Prosperity et al., 2021).

3.2. Pengujian TSS

Pengujian TSS pada limbah pabrik tahu menggunakan karbon aktif terbuat dari tempurung kelapa menghasilkan sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian TSS

Ukuran Adsorben (Mesh)	Suhu (°C)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Waktu Adsorpsi (menit)	TSS (mg/L)
20	29	120	15	390
			60	380
			180	370
	50	120	15	360
			60	340
			180	320

70	29	120	180	320
			15	310
			60	290
	50	120	180	270
			15	260
			60	250
500	29	120	180	230
			15	210
			60	200
	400	120	180	180
			15	160
			60	150
500	29	120	180	130
			15	110
			60	100
	400	120	180	90
			15	80
			60	70
400	120	180	60	
		15	50	
		60	40	
400	120	180	20	

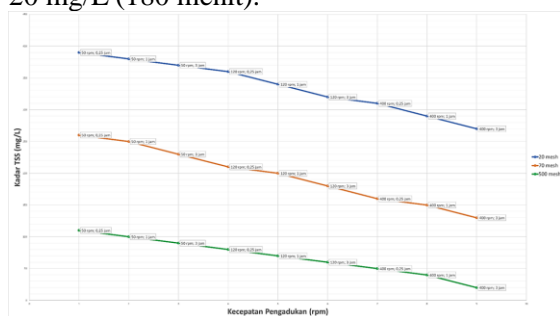
Tabel 3 ditemui bahwa percobaan dilakukan 27 kali dengan setiap ukuran adsorben terdiri dari kecepatan pengadukan, dan waktu adsorpsi yang berbeda. Ukuran adsorben terdiri dari 20 mesh, 70 mesh dan 500 mesh dalam waktu 15 menit, 60 menit, dan 180 menit dengan kecepatan pengadukan mulai dari 50 rpm, 120 rpm, dan 400 rpm.

Ukuran adsorben 20 mesh dengan kecepatan pengadukan 50 rpm menghasilkan kadar TSS sebesar 390 mg/L (15 menit), 380 mg/L, (60 menit), dan 370 mg/L (180 menit). Pada ukuran adsorben yang sama (20 mesh) dengan kecepatan pengadukan 120 rpm menghasilkan kadar TSS sebesar 360 mg/L (15 menit), 340 mg/L (60 menit), dan 320 (180 menit). Untuk ukuran adsorben 20 mesh dengan kecepatan pengadukan 400 rpm menghasilkan kadar TSS sebesar 310 mg/L (15 menit), 290 mg/L (60 menit), dan 270 mg/L (180 menit).

Ukuran adsorben 70 mesh dengan kecepatan pengadukan 50 rpm menghasilkan 260 mg/L (15 menit), 250 mg/L (60 menit), dan 230 mg/L (180 menit). Dengan ukuran adsorben yang sama dan berbeda kecepatan pengadukan (120 rpm) menghasilkan kadar TSS sebesar 210 mg/L (15 menit), 200 mg/L (60 menit), dan 180 mg/L (180 menit). Untuk kecepatan pengadukan 400 rpm dengan ukuran adsorben

yang sama menghasilkan TSS sebesar 160 mg/L (15 menit), 150 mg/L (60 menit), dan 130 mg/L (180 menit).

Ukuran adsorben 500 *mesh* dengan kecepatan pengadukan 50 *rpm* menghasilkan kadar TSS sebesar 110 mg/L (15 menit), 100 mg/L (60 menit), dan 90 mg/L (180 menit). Untuk kecepatan pengadukan 120 *rpm* dengan ukuran adsorben menghasilkan 80 mg/L (15 menit), 70 mg/L (60 menit), dan 60 mg/L (180 menit). Ukuran adsorben yang sama dengan kecepatan pengadukan 400 *rpm* menghasilkan 50 mg/L (15 menit), 40 mg/L (60 menit), dan 20 mg/L (180 menit).



Gambar 2. Grafik TSS

Gambar 2 menunjukkan terjadi penurunan TSS. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan penurunan TSS yaitu waktu kontak adsorpsi, kecepatan pengadukan proses adsorpsi dan ukuran partikel adsorben. Ukuran partikel dari arang aktif dan waktu kontak dapat menurunkan kadar TSS (Budiman & Amirsan, 2015). Dengan demikian, waktu kontak, ukuran adsorben, serta kecepatan pengadukan adsorpsi efektif dalam penurunan kadar TSS.

Tingkat kecerahan perairan berkaitan dengan kandungan TSS. Keseimbangan ekosistem perairan terganggu ketika padatan terlarut menghalangi sinar matahari yang akan masuk ke dalam air. Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan bahwa penurunan nilai TSS pada air limbah pabrik tahu disebabkan adanya proses adsorpsi menggunakan karbon aktif. Air menjadi jernih ketika nilai TSS turun, hal ini dikarenakan konsentrasi tersuspensi berkaitan pada tingkat kekeruhan air yang turun yang disebabkan oleh ikatan sisi aktif permukaan adsorben. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan nilai TSS terjadi ketika karbon efektif digunakan dan dapat memenuhi sesuai dengan standar baku mutu pembuangan air limbah pabrik tahu (Roni et al., 2021).

Penurunan kadar TSS semakin baik dengan naiknya kecepatan pengadukan. Hal ini dapat

dijelaskan dari salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu proses pengadukan (Asip et al., 2008). Proses adsorpsi antar fase dibatasi oleh adanya *film diffusion*, jika pengadukan yang diberikan kecepatannya terlalu kecil maka partikel adsorben akan sulit untuk menyerap padatan tersuspensi yang ada pada limbah cair tahu.

Semakin besar kecepatan pengadukan yang diberikan pada proses adsorpsi, maka interaksi antara adsorben dan adsorbat (padatan tersuspensi) akan semakin sering kemudian akan membantu untuk menembus *film diffusion* lebih cepat dan akan mencapai titik *pore diffusion*. Hal ini didukung oleh hasil penelitian pengaruh kecepatan pengadukan dan jarak elektroda untuk menurunkan kadar TSS dan COD bahwa semakin cepat tingkat kecepatan pengadukan, maka semakin besar gerakan koagulan mengikat polutan (Rahmayanti & Mujiburohman, 2021). Hasilnya, semakin banyak flok dan akhirnya dapat menurunkan kadar nilai TSS. Namun, ketika kecepatan pengadukan kecil, maka tumbukan antar partikel dapat melepaskan ikatan flokulan dan kembali menjadi partikel-partikel kecil dalam air (*suspended solid*).

Faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses adsorpsi diantaranya pengadukan, ukuran butir, kelarutan adsorbat, ukuran molekul adsorbat, derajat keasaman, temperatur, waktu jerap dan konsentrasi (Mustafa et al., 2020). Pada penelitian sebelumnya, salah satu faktor yaitu ukuran partikel, pengaruh ukuran partikel bentonit alam teraktivasi pada penurunan limbah didapatkan hasil penurunan kadar TSS dari kadar awal sebesar 5600 mg/L menjadi 3700 mg/L oleh adsorben dengan ukuran partikel 210 *mesh*, 1400 mg/L oleh adsorben dengan ukuran partikel 230 *mesh*, 568 mg/L oleh adsorben dengan ukuran partikel 270 *mesh*, 478 mg/L oleh adsorben dengan ukuran partikel 310 *mesh*, 351 mg/L oleh adsorben dengan ukuran partikel 330 *mesh*, 243 mg/L oleh adsorben dengan ukuran partikel 370 *mesh* dan 168 mg/L oleh adsorben dengan ukuran partikel 400 *mesh*. Berdasarkan baku mutu air limbah daerah setempat, untuk parameter TSS yang harus dipenuhi yaitu 200 mg/L (Mustafa et al., 2020).

Hal tersebut disebabkan ukuran adsorben semakin kecil, maka semakin rapat partikel yang mengakibatkan padatan tersuspensi tertahan yang menjadikan nilai TSS turun (Mustafa et al., 2020). Sehingga dapat

disimpulkan bahwa salah satu faktor keberhasilan proses adsorpsi yaitu ukuran partikel yang dapat menurunkan nilai TSS pada limbah cair.

Hasil penelitian lain yang mendukung yaitu mengenai metode bioadsorpsi menggunakan karbon aktif tempurung kelapa yang menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan (Desianan et al., 2022). Hal tersebut menunjukkan kadar TSS yang menurun dari 0,684 mg/L menjadi 0,078 mg/L dengan waktu kontak adsorben 20 menit (Desianan et al., 2022). Sehingga, karbon aktif dapat menurunkan TSS pada air limbah tambang. TSS akan bereaksi dengan karbon aktif dan akan membentuk gaya *van der Waals* akibat terjadi tarik menarik dari muatan negatif dari karbon aktif yang membawa gugus hidroksil OH⁻ dan muatan positif H⁺ dari TSS, dengan demikian koagulan akan terbentuk yang setelah disaring akan terbawa dengan karbon aktif (Desianan et al., 2022).

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa 1) variasi waktu kontak, variasi kecepatan pengadukan, dan variasi ukuran partikel adsorben efektif untuk menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah pabrik tahu, karena dapat menurunkan kadar COD dan TSS di bawah standar baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah untuk limbah pabrik tahu, di mana Hasil yang ditemui yaitu kadar COD menurun dari 616,667 mg/l menjadi 112,75 mg/l dengan kecepatan pengadukan cepat (180 rpm) dan pengadukan lambat (80 rpm); 2) Semakin cepat kecepatan pengadukan, semakin kecil ukuran partikel adsorben (mesh), serta semakin lama waktu adsorpsi, maka nilai COD dan TSS dari limbah cair pabrik tahu akan semakin menurun; 3) metode adsorpsi yang dilakukan dengan bioadsorben karbon aktif dari tempurung kelapa secara efektif dapat menurunkan kadar COD dan TSS secara signifikan pada limbah yang diberi perlakuan; dan 4) karbon aktif dari tempurung kelapa berpotensi menjadi bioadsorben yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, S. W. S., Gading, I. K., & Sedanayasa, G. (2019). Efektivitas Konseling Trait And Factor dengan Teknik Dialog Untuk

Meningkatkan Kemampuan Pengambilan Keputusan karir dan Kematangan karir Pada Karyawan CV.Uma Sapta Arcitectur. *Jurnal Bimbingan Dan Konseling Indonesia*, 4(2), 23–29.

Asip, F., Mardhiah, R., & Husna. (2008). Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 22–26.

Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 06-6989.3-2004 Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri*.

Budiman, & Amirsan. (2015). Efektifitas abu sekam padi dan arang aktif dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair industri Tahu Super Afifah Kota Palu. *Healthy Tadulako Journal*, 1(2), 23–32.

Clesceri, L. S., Eaton, A. D., Greenberg, A. E., & Franson, M. A. H. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association.

Desianan, N., Ngatijo, & Lagowa, M. I. (2022). Pengelolaan Air Limbah Tambang dengan Metode Bioadsorpsi menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 18(2), 97–103. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol18.No2.2022.1175>

Haslinah, A. (2020). Ukuran Partikel dan Konsentrasi Koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Penurunan Persentase COD Dalam Limbah Cair Industri Tahu. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 15(01), 50–53. <https://doi.org/10.47398/iltek.v15i01.510>

Kurniawati, E., & Sanuddin, M. (2020). Metode filtrasi dan adsorpsi dengan variasi lama kontak dalam pengolahan limbah cair batik. *Riset Informasi Kesehatan*, 9(2), 126. <https://doi.org/10.30644/rik.v9i2.452>

Mardina, P., Faradina, E., & Setiawati, N. (2012). Penurunan Angka Asam Pada Minyak Jelantah. *Jurnal Kimia*, 6(2), 196–200.

Maryana, L., Anam, S., & Nugrahani, A. W. (2016). Produksi Protein Sel Tunggal dari Kultur *Rhizopus oryzae* Dengan Medium Limbah Cair Tahu. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*, 2(2), 132–137.

- <https://doi.org/10.22487/j24428744.2016.v2.i2.5987>
- Mustafa, M., Rahim, M., Irwan, M., & Sari, D. P. (2020). Pengaruh Ukuran Partikel Bentonit Alam Teraktivasi Pada Penurunan Limbah Cair Sarung Tenun Samarinda. *MEDIA PERSPEKTIF : Journal of Technology*, 12(1), 01. <https://doi.org/10.46964/jtmp.v12i1.376>
- Nurhaliq, D. F., Rahman, & Hidayat. (2022). Efektivitas Karbon Aktif Dalam Menurunkan Konsentrasi COD. *Window of Public Health Journal*, 2(6).
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tahu untuk Menurunkan Kadar TSS dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 56–62.
- Prihatin, S., & Sugiharto, A. (2021). Pengaruh Variasi Dosis Kapur Terhadap Penurunan Kadar COD dan Fosfat Pada Limbah Usaha Laundry. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 4(2), 58–63. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss2.art2>
- Prosperity, G. H., Agustina, R., Wardhani, D. P., & Vitasari, D. (2021). Penurunan COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*, 5(1). <https://prosiding.polinema.ac.id/sngbr/index.php/snrpik/article/view/334%0Ahttps://prosiding.polinema.ac.id/sngbr/index.php/snrpik/article/viewFile/334/286>
- Putri, V. U., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Adsorpsi Limbah Rebusan Rebung dari Industri Pengolahan Lumpia dengan Karbon Aktif Kombinasi Limbah Boiler dengan Enceng Gondok. *Inovasi Teknik Kimia*, 5(2), 93–97.
- Rahayu, L. H., Purnavita, S., & Sriyana, H. Y. (2014). Potensi Sabut dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben untuk Meregenerasi Minyak Jelantah. *Momentum*, 10(1), 47–53.
- Rahmayanti, S., & Mujiburohman, M. (2021). Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Jarak Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar TSS dan COD pada Limbah Cair Laundry. *URECOL: The 11th Univeristy Research Colloquium 2020*. <https://doi.org/10.36418/syntax-idea.v3i11.1578>
- Ramadhani, G. I., & Moesriati, A. (2013). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindusindica*) Sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Menurunkan Kadar COD dan BOD dengan Studi Kasus pada Limbah Cair Industri Tempe. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 1.
- Resky, P. T., Baharuddin, A., Hardi, I., Ikhtiar, M., & Rahman, A. (2022). Efektivitas Media Adosrben Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Limbah Cair di RSUD Sayang Rakyat Kota Makassar. *Window of Public Health Journal*, 2(5), 1666–1675.
- Ridhayanti, S. A., & Rusmini. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Durian Sebagai Adsorben Limbah Industri Tahu Di Daerah Sepanjang, Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.32493/jitk.v4i1.3842>
- Ridhuan, K. (2016). Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas yang ramah lingkungan. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.24127/trb.v1i1.81>
- Roni, K. ., Martini, S., & Legiso. (2021). Analisis Adsorben Arang Aktif Sekam Padi dan Kulit Pisang Kepok Untuk Pengolahan Air Sungai Gasing, Talang Kelapa Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Konversi*, 10(2), 13–18.
- Sato, A., Utomo, P., & Abineri, H. S. B. (2015). Pengolahan Limbah Tahu secara Anaerobik-Aerobik Kontinyu. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III*, 185–192.
- Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Sirajuddin, & Harjanto. (2018). Pengaruh Ukuran Adsorben dan Waktu Adsorpsi Terhadap Penurunan Kadar COD pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Arang Aktif Tempurung Kelapa. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 2018, 42–46.
- 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.
<http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/9724/9496>