

DAYA SERAP KARBON AKTIF CANGKANG KELAPA SAWIT (*Elaeis Guineensis*) PADA PROSES FILTRASI PENGOLAHAN AIR

(*Adsorption Power of Palm Shell Activated Carbon (Elaeis Guineensis) in the Filtration Process of Water Treatment*)

Hermansyah Fahnur¹⁾, Rifqi Mawardi^{1*)}, M. Ilham Nurdin²⁾, dan Setyo Erna Widiyanti³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Email korespondensi: rifqhy.mawardi@gmail.com

ABSTRAK

Dampak dari pencemaran air dapat menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan ekosistem dan dapat sebagai pembawa penyakit menular. Oleh karena itu perlu dilakukan penjernihan terhadap air sebelum digunakan untuk meningkatkan kualitas air. Salah satu yang dapat digunakan untuk penjernihan air adalah karbon aktif cangkang kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju alir yang optimal dalam menurunkan *Total Suspended Solid* (TSS) dan Timbal (Pb) pada proses filtrasi pengolahan air. Penelitian ini meliputi proses karbonisasi, aktivasi, filtrasi, dan pengujian. Metode karbonisasi menggunakan drum pembakaran pada suhu $\pm 350^{\circ}\text{C}$ selama ± 2 jam. Cangkang kelapa sawit diaktivasi dengan H_3PO_4 3M. Tahap filtrasi menggunakan karbon aktif massa sebesar 30 gram dan variasi laju alir 30, 40, 60, 80 dan 100 mL/jam. Filtrasi dilakukan selama 1 jam dan pengambilan sampel setiap interval 10 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju alir 40 mL/menit optimal untuk menurunkan TSS dan filtrasi dengan laju alir 30 mL/menit optimal untuk menurunkan Pb.

Kata kunci: Cangkang kelapa sawit, karbon aktif, filtrasi, TSS, Pb

PENDAHULUAN

Kelangkaan air bersih terjadi karena adanya faktor alam yang terkait dengan terbatasnya sumber air baku untuk air bersih, kinerja sistem layanan penyediaan air bersih yang tidak efisien dan kebutuhan air bersih yang tidak terkendali (Gusdini dkk. 2016). Sungai merupakan bagian dari sumber daya air dan ekosistem, serta merupakan wadah penampungan air di suatu wilayah. Sungai dimanfaatkan untuk berbagai macam kebutuhan manusia, termasuk penyimpanan air, transportasi, irigasi sawah, peternakan, industri, perumahan, keperluan rumah tangga, dan pengendalian banjir. Kualitas air suatu sungai mempengaruhi wilayah itu sendiri dan biota yang hidup di sungai tersebut (Yogafanny, 2015).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nurhikmah, Ed., (2022) Sungai Tallo tergolong tercemar dengan tingkat pencemaran mulai dari ringan hingga berat. Hal ini diduga terjadi karena di sekitar bantaran Sungai Tallo terdapat berbagai kegiatan yang dapat menimbulkan pencemaran, antara lain limbah domestik serta dari saluran pengolahan air limbah yang mengalir ke badan air Sungai Tallo. Sungai Tallo menerima limbah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Kima yang mengalir dari anak sungai ke badan air Sungai Tallo. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 tentang Baku Mutu Air Nasional yang menyatakan bahwa baku mutu air sungai untuk parameter TSS yaitu maksimal 40 mg/L dan logam Pb maksimal 0,03 mg/L. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan untuk memperoleh

kualitas air yang baik pada sungai tallo yaitu dengan proses filtrasi.

Filtrasi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengolahan air (water treatment) untuk menyaring partikel – partikel padat yang ada dalam air dengan menggunakan media berpori. Partikel–partikel padat yang disaring adalah *Total Suspended Solid* (TSS) yaitu partikel padat yang tidak dapat terlarut, yang dapat menyebabkan air menjadi keruh. Media filter yang digunakan pada penelitian ini dalam proses filtrasi adalah ijuk, kerikil, pasir dan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit. Diharapkan TSS akan tersaring terlebih dahulu pada media filter ijuk, kerikil, dan pasir sehingga nantinya karbon aktif efektif dalam menyerap Pb.

Pada pengolahan pabrik kelapa sawit (PKS), cangkang kelapa sawit sendiri masih belum maksimal pemanfaatannya, yang dimana hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler. Menurut Pranata (2007) cangkang kelapa sawit mengandung lignin (29,4%), hemiselulosa (27,7%), selulosa (26,6%), air (8,0%), komponen ekstraktif (4,2%), dan abu (0,6%). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ugra et al., (2021) karbon aktif dapat menurunkan TSS sebesar 96,12% dan juga karbon aktif dapat menurunkan Pb sebesar 92,92% Verayana dkk. (2018). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan proses filtrasi menggunakan karbon aktif cangkang kelapa sawit dan media filter lain (ijuk, kerikil, dan pasir) untuk menurunkan TSS dan Pb.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju alir yang optimal dalam menurunkan *Total Suspended Solid* (TSS) dan Timbal (Pb) pada proses filtrasi pengolahan air.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan yaitu unit filtrasi, neraca analitik, timbangan duduk, drum pembakaran, ayakan 30,40 dan 60 mesh, oven,

hotplate, buret, pipet mikro, corong Buchner, cawan petri, desikator, pompa vakum dan spektrofotometer UV-VIS.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu cangkang kelapa sawit, sampel air sungai tallo yang telah disintetis dengan Pb, karbon aktif, kertas saring *whatman* No.42, aquadest, aquabidest, H_3PO_4 3M, kertas pH, $Pb(NO_3)_2$, *Alizarine Red Sulfonat* (ARS) 0,01M, NaOH 0,1M, HNO_3 p.a, iodium 0,1 N, natrium tiosulfat 0,1 N dan amilum 1 %.

Prosedur Penelitian

Karbonisasi

Cangkang kelapa sawit dibersihkan dari sisa pengotor dan bahan-bahan lain seperti tanah dan kerikil yang menempel pada cangkang kelapa sawit. Kemudian, dikeringkan cangkang kelapa sawit dibawah sinar matahari 4-7 hari. Cangkang kelapa sawit dimasukkan kedalam wadah yang berbentuk drum kecil untuk dilakukan pembakaran (karbonisasi) sambil memutar-mutar drum \pm 2 jam sampai cangkang kelapa sawit tersebut menjadi karbon yang ditandai dengan berwarna hitam. Kompor pemanas dimatikan setelah proses karbonisasi selesai dan dikeluarkan karbon cangkang kelapa sawit dari drum pembakaran serta didinginkan. Pengecilan ukuran/penghalusan menggunakan alu dan mortar. Kemudian, diayak karbon yang telah halus dengan menggunakan ayakan 40-60 mesh.

Aktivasi

Karbon yang telah dikarbonasi diaktivasi dengan perbandingan 1:2 menggunakan activator H_3PO_4 3M dengan melakukan perendaman selama 24 jam. Karbon yang telah direndam kemudian disaring dan dibilas menggunakan aquades hingga pH netral. Kemudian, dimasukkan kedalam oven dengan suhu $110^\circ C$ selama 2 jam. Lalu, didinginkan dengan menggunakan desikator selama 15 menit.

Uji Daya Serap terhadap Iodium

Dilakukan penimbangan karbon (tanpa aktivasi dan setelah aktivasi) sebanyak 1 gram.

Lalu, dicampur dengan 10 mL iodium 0,1 N ke dalam Erlenmeyer dan ditutup menggunakan

Ijuk (g)	Zeolit (g)	Pasir (g)
200	200	200
200	200	200
200	200	200
200	200	200
200	200	200

aluminium foil. Dikocok selama 15 menit setelah itu dipindahkan ke dalam tabung sentrifugal. Setelah karbon aktif turun dititrasi dengan natrium tiosulfat 0,1 N, jika warna kuning pada larutan mulai samar ditambahkan larutan amilum 1 % sebagai indikator. Dititrasi warna biru tua hingga menjadi bening. Ditentukan kadar daya serap terhadap iodium dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Daya serap terhadap } I_2 \text{ (mg/g)} = \frac{(10 - \frac{V \times N}{0,1}) \times 126,9}{W}$$

Keterangan:

V = Larutan natrium tio-sulfat yang diperlukan (mL)

N = Konsentrasi larutan natrium tio-sulfat dalam Normalitas (N)

12,69 = Jumlah Iod sesuai dengan 1 mL larutan natrium tio-sulfat

W = Sampel (gram)

Filtrasi Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit pada Sampel Air Sungai

Disiapkan unit filtrasi seperti gambar 1.



Gambar 1. Unit filtrasi

Media filter dimasukkan ke dalam tabung penampungan dengan variasi massa sebagai berikut:

Karbon Aktif (g)	Laju Alir (mL/menit)
30	30
30	40
30	60
30	80
30	100

Tabel 1. Komposisi media saring dan variasi laju alir

Dimasukkan sampel air sungai ke dalam tangki penampungan air dan diambil sampel awal ± 100 mL untuk analisa awal. Katup keluaran dibuka yang tersambung dari tangki penampungan dengan bukaan katup. Sampel air sungai dialirkan menuju kolom media filter hingga air keluar pada saluran akhir pada kolom. Dinyalakan *stopwacth* bersamaan dengan keluarnya tetesan pertama sampel air sungai untuk mengitung laju alir proses dan laju alir tetap dijaga dengan dicek laju alirnya beberapa kali. Filtrasi dilakukan selama 60 menit, setiap interval 10 menit diambil sampelnya untuk dilakukan tahap pengujian.

Tahap Pengujian

a. Uji TSS (SNI 6989.3:2019)

Dibasahi kertas saring dengan air suling 20 mL. Kemudian dilakukan penyedotan dengan penyedot vakum untuk menghilangkan semua sisa air. Media penyaring (kertas saring) dikeringkan dalam oven pada suhu 103-105°C selama 1 jam. Kemudian, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Diulangi langkah tersebut sampai diperoleh berat tetap (catat sebagai W_0). Disiapkan sampel air sebelum dan sesudah pengolahan sebanyak 50 mL. Diambil 25 mL sampel air secara duplo dengan memasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL. Dilakukan penyaringan dengan peralatan penyaring dengan membasahi media penyaring dengan sedikit air bebas mineral. Sampel air dihomogenkan, kemudian dimasukkan ke dalam media penyaring (kertas saring) dan

dilakukan penyaringan dengan sistem vakum hingga tiris. Dipindahkan media penyaring (kertas saring) secara hati-hati dari peralatan penyaring ke media penimbang (cawan petri). Dikeringkan media penimbang yang berisi media penyaring dalam oven minimal selama 1 jam pada kisaran suhu 103-105°C. Kemudian, didinginkan dalam desikator, dan timbang. Diulangi langkah tersebut sampai diperoleh berat tetap (catat sebagai W_1). Dihitung kadar TSS sampel air sungai dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

W_1 : Kertas saring + sampel (gram)

W_0 : Kertas saring kosong (gram)

V : Volume (Liter)

b. Uji Timbal (Pb) (Dimodifikasi Fatmawati et al., 2021)

1. Pembuatan Pereaksi Alizarin Red Sulfonat (ARS) 0,01M

Dilarutkan 0,08 mg *Alizarin Red Sulfonat* dengan aquadest kedalam beker gelas. Dipindahkan larutan kedalam labu takar 25 mL. kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

2. Pembuatan Larutan Induk Timbal (Pb) 1000 ppm

Ditimbang 1 gram padatan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Kemudian, dilarutkan dengan HNO_3 p.a sambil dipanaskan menggunakan *hotplate*. Dimasukkan ke dalam labu takar 1000 ml dengan menambahkan aquadest sampai tanda batas lalu dihomogenkan.

3. Pembuatan Larutan Standar Pb 10 ppm

Sebanyak 0,1 ml larutan induk Pb 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu takar 10 ml. Kemudian, diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas dan dihomogenkan.

4. Penentuan λ Maksimum

Larutan standar Pb 10 ppm dipipet sebanyak 2 ml. Kemudian, diencerkan dengan aquadest sampai tanda batas dan dihomogenkan kedalam labu takar 10 ml. Larutan seri standar 2 ppm kemudian di pindahkan kedalam tabung reaksi. Dilakukan penambahan 1 mL ARS 0,01M, 0,13 mL

NaOH 0,1M dan 1 mL larutan buffer pH 8 lalu dihomogenkan dan dididamkan selama 30 menit. Penentuan λ Maksimum diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400-600 nm.

5. Pembuatan Kurva Standar

Larutan standar Pb 10 ppm berturut-turut dipipet 0,1; 1; 1,5; 2; dan 2,5 ml untuk membuat larutan seri standar 0,1; 1; 1,5; 2; dan 2,5 ppm, kemudian masing-masing dimasukkan kedalam labu takar 10 ml. Dilakukan penambahan 1 mL ARS 0,01M, 0,13 mL NaOH 0,1M dan 1 mL larutan buffer pH 8 lalu dihomogenkan dan dididamkan selama 30 menit. Diukur masing-masing larutan seri standar yang telah dibuat pada panjang gelombang maksimum 527 nm. Kemudian dibuat kurva standar untuk mendapatkan persamaan garis linier $y = a + bx$.

6. Pengukuran Absorbansi Sampel

Sampel air sungai sebelum dan sesudah pengolahan diambil sebanyak 10 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi (untuk sampel sebelum pengolahan dilakukan penyaringan terlebih dahulu dengan sistem vakum). Dilakukan penambahan 1 mL ARS 0,01M, 0,13 mL NaOH 0,1M dan 1 mL larutan buffer pH 8 lalu dihomogenkan dan dididamkan selama 30 menit. Diukur masing-masing absorbansi larutan sampel pada panjang gelombang maksimum 527 nm menggunakan alat Spektrofotometer UV-VIS dan dianalisis untuk mengetahui konsentrasi kadar timbal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Pabrik PT. Perkebunan Nusantara XIV Unit Usaha PKS Luwu di Desa Lagego di Kabupaten Luwu Timur dengan jenis kelapa sawit tenera, dura dan pisifera. Karbon cangkang kelapa sawit dibuat dengan proses karbonisasi menggunakan drum pembakaran pada suhu $\pm 350^\circ\text{C}$ selama ± 2 jam. Suhu karbonisasi dapat mempengaruhi kualitas karbon yang dihasilkan. Proses pembentukan karbon

cangkang kelapa sawit terjadi pada suhu 350°C. Hasil yang didapatkan berupa karbon cangkang kelapa sawit dengan warna yang kehitaman dengan ukuran yang lebih kecil. Yield karbon cangkang kelapa sawit yang dihasilkan sebesar 35,71%.

Karbon cangkang kelapa sawit kemudian dihaluskan menggunakan alum dan mortar dan diayak menggunakan ayakan ukuran 40-60 mesh. Hasil yang didapatkan berupa karbon cangkang kelapa sawit dengan ukuran halus berbentuk bubuk. Penghalusan bertujuan untuk mengecilkan ukuran karbon. Karbon dengan ukuran partikel yang lebih kecil memiliki luas permukaan spesifik yang lebih tinggi. Ini berarti ada lebih banyak area permukaan yang tersedia untuk interaksi dengan molekul iodium (Harahap dkk. 2014).

Karbon cangkang kelapa sawit kemudian diaktivasi menggunakan aktivator asam fosfat (H₃PO₄) 3M. Hasil yang didapatkan berupa karbon aktif dengan pori-pori yang banyak dengan massa yang lebih ringan. Yield karbon aktif cangkang kelapa sawit yang dihasilkan sebesar 74,16%. Aktivasi dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan partikel dan memperbesar pori-pori agar dapat meningkatkan daya serap (adsorpsi) karbon. Larutan asam fosfat (H₃PO₄) yang digunakan sebagai aktivator memiliki kemampuan untuk mengangkat senyawa hidrokarbon atau zat pengotor, yang menyebabkan pembentukan pori pada permukaan karbon (Diharyo dkk. 2020). H₃PO₄ dipilih sebagai aktivator karena memiliki daya serap terhadap iodium yang lebih tinggi dibandingkan dengan NaOH, H₂SO₄ dan NaCl (Erawati & Afifah 2018). Konsentrasi 3M H₃PO₄ digunakan karena konsentrasi aktivator yang tinggi tersebut dengan waktu aktivasi yang cukup lama dapat menaikkan daya adsorpsi yang dihasilkan (Titus et al., 2019).

Pengujian Daya Serap Iodium, Pb dan Fe Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit

Pengujian daya serap iodium karbon aktif bertujuan untuk mengukur seberapa banyak iodium yang dapat diserap oleh karbon aktif, yang berkaitan langsung dengan luas permukaan spesifik dan porositas karbon aktif. Parameter yang dapat menunjukkan kualitas

arang aktif adalah daya adsorpsi terhadap larutan Iodium. Semakin besar bilangan iodnya maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Oleh karena itu, daya serap terhadap iodium merupakan indikator penting dalam menilai arang aktif (Ade dkk. 2021). Begitupula dengan pengujian karbon aktif terhadap daya serap Pb dan Fe bertujuan untuk mengukur seberapa banyak Pb dan Fe yang dapat diserap oleh karbon aktif. Pengujian daya serap Iodium karbon aktif cangkang kelapa sawit dilakukan dengan metode titrasi iodometri dan untuk pengujian daya serap logam Pb dan Fe dilakukan dengan cara *batch*. Hasil Pengujian daya serap Iodium, Pb dan Fe karbon aktif cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daya serap iodium dan Pb karbon cangkang kelapa sawit sebelum dan sesudah aktivasi

Parameter	Satuan	Karbon Aktif Sebelum Aktivasi	Karbon Aktif Setelah Aktivasi	Selisih
Daya Serap Iodium	mg/g	469,53	634,5	165,07
Daya Serap Pb	mg/g	0,0432	0,0684	0,0252

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa daya serap terhadap iodium diperoleh sebesar 634,5 mg/g. Hasil daya serap terhadap iodium tersebut telah mendekati standar SNI 06-3730-1995 untuk daya serap terhadap I₂ min. 750 mg/g dengan ukuran karbon aktif diatas 100 mesh. Hasil daya serap terhadap iodium tersebut dibawah dari standar SNI karena penelitian ini menggunakan karbon aktif dengan ukuran partikel yang lebih besar dari standar SNI yaitu 40-60 mesh dengan pertimbangan agar karbon aktif yang digunakan dalam pengolahan air secara filtrasi kontinyu tidak ikut terbawa bersama air. Karbon aktif dengan ukuran partikel yang lebih kecil tersebut memiliki luas permukaan spesifik yang lebih tinggi. Ini berarti ada lebih banyak area permukaan yang tersedia untuk interaksi dengan molekul iodium. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Harahap dkk. (2014) daya serap karbon aktif yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut yaitu 328-353 mg/g. Oleh karena itu, karbon aktif dengan

partikel kecil cenderung memiliki daya serap iodium yang lebih tinggi karena lebih banyak situs aktif untuk penyerapan.

Berdasarkan Tabel 2, karbon tanpa aktivasi dan karbon teraktivasi dari cangkang kelapa sawit dapat mengadsorpsi kadar Pb dengan dengan kapasitas adsorpsi karbon aktif terhadap Pb sebesar 0,0684 mg/g dan tanpa aktivasi sebesar 0,0432 mg/g. Hal ini terjadi karena dalam selama proses aktivasi terjadi pembentukan dan penyusunan arang, yang menghasilkan pori-pori yang lebih besar. Akibatnya, tekstur karbon yang dulunya keras dan padat menjadi lebih rapuh dan berkilau, sehingga semakin banyak pori-pori yang dihasilkan akan memudahkan penyerapan zat pengotor yang ingin dihilangkan (Meisrilestari dkk. 2013).

Aktivasi secara kimia dapat mengikat senyawa tar sisa karbonisasi agar keluar dari pori-pori karbon aktif. Menurut Tutik dan Faizah dalam Diharyo dkk. (2020) senyawa tar yang keluar melalui mikropori karbon aktif, membuat permukaan karbon aktif lebih lebar atau luas, sehingga dapat menghasilkan daya serap yang lebih besar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gultom & Lubis (2014) karbon aktif cangkang kelapa sawit dapat menyerap kadar logam seperti Pb dengan mencapai 80,13%. Jadi dapat dinyatakan bahwa penggunaan karbon aktif cangkang kelapa sawit sangat berpotensi untuk diaplikasikan dalam proses filtrasi pengolahan air yang akan dilakukan pada penelitian ini dalam penyerapannya terhadap logam berat Pb.

Penentuan Laju Alir Optimum terhadap Penurunan TSS

Penentuan laju alir optimum terhadap penurunan kadar TSS dilakukan dengan filtrasi menggunakan karbon aktif cangkang kelapa sawit untuk mengolah air dengan variasi laju alir sebesar 30, 40, 60, 80 dan 100 mL/menit. Filtrasi dilakukan selama 60 menit dan dilakukan pengambilan sampel setiap interval 10 menit untuk dianalisis kadar TSS. Hasil penelitian untuk penentuan laju alir optimum terhadap penurunan kadar TSS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi TSS dengan variasi laju alir filtrasi

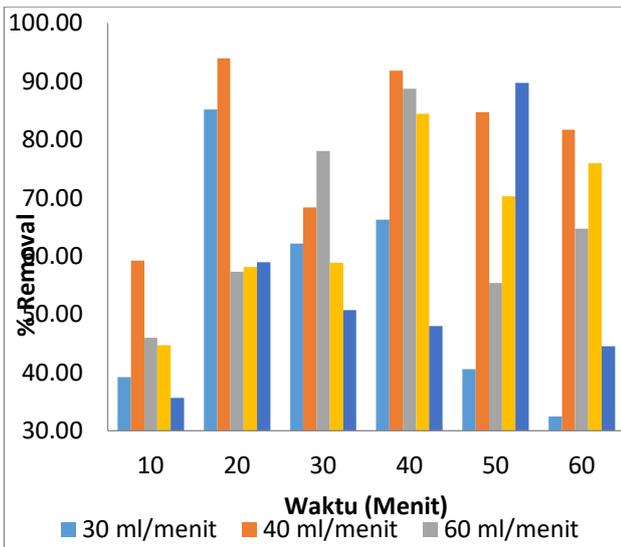
Waktu	30	40 mL/menit
	mL/menit	
	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)
0	148	196
10	90	80
20	22	12
30	56	62
40	50	16
50	88	30
60	100	36

	60	80	100
	mL/menit		
	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)
	300	282	292
	162	156	188
	128	118	120
	66	116	144
	34	44	152
	134	84	30
	106	68	162

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa laju alir 30 mL/menit dapat menurunkan TSS konsentrasi awal 148 mg/L menjadi 22 mg/L di menit ke-20. Pada laju alir 40 mL/menit dapat menurunkan konsentrasi awal 196 mg/L menjadi 12 mg/L di menit ke-20. Begitupun untuk laju alir 60, 80 dan 100 mL/menit dapat menurunkan kadar TSS, akan tetapi semakin kecil laju alir maka diperoleh penurunan kadar TSS yang lebih besar. Semakin lama waktu adsorpsi maka semakin tinggi nilai penurunan TSS sehingga dapat dilihat keefektifan karbon aktif dan media filter lain dalam menurunkan kadar TSS (*Total suspended solid*) (Kusniawati dkk. 2023).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, nilai baku mutu air sungai untuk parameter *Total Suspended Solid* (TSS) adalah sebesar 40 mg/L. Sehingga, untuk nilai TSS nya sudah masuk kedalam nilai baku mutu.

Pengaruh laju alir terhadap penurunan kadar TSS dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan waktu dan % removal TSS dengan variasi laju alir filtrasi

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa variasi laju alir dari rendah hingga tinggi mampu mempengaruhi efektivitas dalam menurunkan TSS. Laju alir yang rendah memberikan waktu kontak lebih banyak, memungkinkan penurunan TSS yang lebih stabil dengan media filter yang dapat menyaring TSS seperti ijuk, zeolit, pasir silika dan karbon aktif. Namun, pada laju alir yang tinggi dapat menyebabkan penurunan TSS yang fluktuatif jika tidak ada penyesuaian yang tepat. Untuk menemukan keseimbangan laju alir yang optimal sangat penting untuk mencapai hasil filtrasi yang konsisten dan efisien. Jika hasil penurunan TSS naik turun dengan variasi laju alir yang berbeda, ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara kapasitas adsorpsi media filter dan waktu kontak yang diberikan oleh laju alir. Jika diperhatikan persen *removal* tertinggi terdapat di laju alir 40 mL/menit dengan 93,88% di menit ke-20 yang dapat menurunkan dari konsentrasi awal 196 mg/L menjadi 12 mg/L, dimana pada laju alir tersebut memiliki waktu kontak yang baik dalam menurunkan TSS. Dengan demikian, laju alir filtrasi yang optimum untuk menurunkan kadar TSS ialah 40 mL/menit, dengan persen removal sebesar 93,88%.

Penentuan Laju Alir Optimum terhadap Penurunan Kadar Pb

Penentuan laju alir optimum terhadap penurunan kadar Pb dilakukan dengan filtrasi menggunakan karbon aktif cangkang kelapa

sawit untuk mengolah air dengan variasi laju alir sebesar 30, 40, 60, 80 dan 100 mL/menit. Filtrasi dilakukan selama 60 menit dan dilakukan pengambilan sampel setiap interval 10 menit untuk dianalisis kadar Pb. Hasil penelitian penentuan laju alir optimum terhadap penurunan kadar Pb dapat dilihat pada Tabel 4.

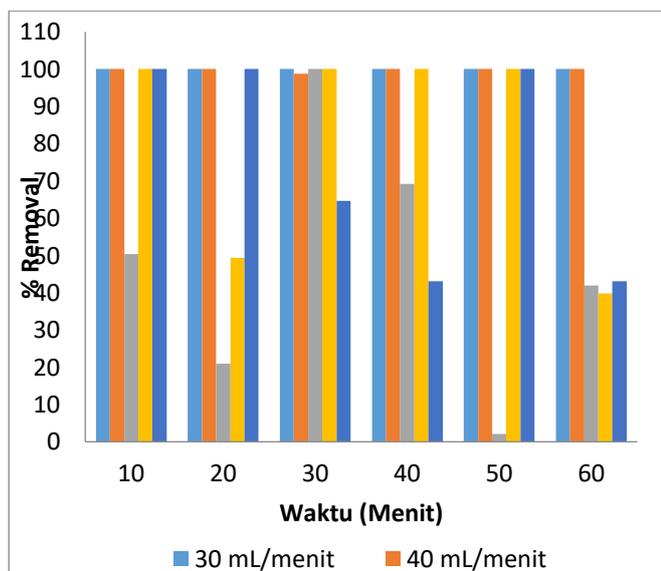
Tabel 4. Konsentrasi Pb dengan variasi laju alir filtrasi

Waktu	30	40
	mL/menit	mL/menit
	Konsentrasi	Konsentrasi
	(mg/L)	(mg/L)
0	5,13	6,07
10	0	0
20	0	0
30	0	0,07
40	0	0
50	0	0
60	0	0

60	80	100
mL/menit	mL/menit	mL/menit
Konsentrasi	Konsentrasi	Konsentrasi
(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
5,02	5,55	5,86
2,49	0	0
3,97	2,81	0
0	0	2,07
1,55	0	3,34
4,92	0	0
2,92	3,34	3,34

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat penurunan kadar Pb yang telah sesuai dengan Baku Mutu Air Nasional untuk tiap rasio massa karbon aktif. Pada laju alir 30 mL/menit diperoleh penurunan konsentrasi Pb yang paling optimal hingga menit ke-60 sebesar 0 mg/L. Begitu pula, laju alir 40 mL/menit diperoleh penurunan kadar Pb pada menit ke-10 sebesar 0 mg/L, laju alir 60 mL/menit pada menit ke-30 serta laju alir 80 dan 100 mL/menit pada menit ke-10. Dari hasil tersebut hasil pengolahan yang dilakukan telah memenuhi Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, nilai baku mutu air sungai untuk parameter Pb dengan kadar 0,03 mg/L. Berdasarkan penelitian Kristianingrum dkk. (2020) bahwa selama proses adsorpsi, rendahnya tingkat laju alir adsorben dapat

menyebabkan adsorbat memiliki waktu yang lebih lama berkontak dengan adsorben, sehingga meningkatkan kemungkinan partikel kimia terikat pada permukaan adsorben dan semakin efektif penurunan konsentrasi logam. Ini berarti bahwa larutan lebih sering terikat dengan gugus aktif adsorben. Pengaruh laju alir terhadap penurunan kadar Pb dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan waktu dan penurunan kadar Pb dengan variasi laju alir filtrasi

Berdasarkan Gambar 3, penurunan kadar Pb yang paling optimal diperoleh pada laju alir 30 mL/menit dengan penyerapan 100% hingga menit ke-60 yang belum mengalami kejenuhan. Berdasarkan penelitian Kristianingrum dkk. (2020) bahwa selama proses adsorpsi, rendahnya tingkat laju alir adsorben dapat menyebabkan adsorbat memiliki waktu yang lebih lama berkontak dengan adsorben, sehingga meningkatkan kemungkinan partikel kimia terikat pada permukaan adsorben dan semakin efektif penurunan konsentrasi logam. Ini berarti bahwa larutan lebih sering terikat dengan gugus aktif adsorben. Beda halnya dengan laju alir 40 mL/menit yang mengalami penurunan logam Pb sebesar 98,79% pada menit ke-30, laju alir 60 mL/menit sebesar 69,18% pada menit ke-40, laju alir 80 mL/menit sebesar 52,06% pada menit ke-20 dan 100 mL/menit 64,63% pada menit ke-30. Menurut Mengistie *et al.* (2008) efisiensi adsorpsi pada adsorben meningkat dengan sangat cepat saat kontak dengan adsorbat dan terus meningkat hingga

mencapai titik kesetimbangan. Setelah mencapai titik kesetimbangan, efisiensi adsorpsi menurun hingga titik jenuh, di mana logam yang telah diadsorpsi dapat terlepas kembali. Seiring dengan peningkatan laju alir 40, 60, 80 dan 100 mL/menit adsorbat mengalami adsorpsi yang fluktuatif karena waktu kontak yang lebih cepat menyebabkan daya adsorpsi yang kurang efektif.

Menurut Taty-Costodes *et al.* (2005) bahwa peningkatan laju alir terhadap adsorpsi adsorbat dapat mengurangi waktu kontak pada adsorben hingga mencapai titik *breakthrough*. Oleh karena itu, karena waktu kontak yang lebih cepat dapat membuat adsorben lebih cepat mencapai titik jenuh. Menurut Nisak dkk. (2022) dalam penelitiannya bahwa pada saat proses adsorpsi, tingkat laju alir dapat sangat memengaruhi konsentrasi logam yang teradsorpsi. Hal ini disebabkan oleh disperse aksial atau channeling, di mana gelembung udara terperangkap di antara adsorben, sehingga mencegah beberapa bagian pada permukaan adsorben berkontak dengan ion logam. Berdasarkan hasil penelitian, laju alir filtrasi yang optimum untuk menurunkan kadar Pb ialah 30 mL/menit dengan persen removal Pb 100%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa laju alir 40 mL/menit optimal untuk menurunkan TSS dan filtrasi dengan laju alir 30 mL/menit optimal untuk menurunkan kadar Pb.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih banyak yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan penelitian ini. Kami berharap semoga laporan penelitian ini membawa pengaruh positif bagi kita.

DAFTAR PUSTAKA

Ade, Y., Limbong, J., Lestari, U., Program, M., Farmasi, S., Kedokteran, F., Kesehatan, I., & Jambi, U. (2021). UJI IRITASI DAN EFEKTIFITAS

MASKER GEL PEEL OFF ARANG AKTIF CANGKANG SAWIT (*Elaeis guinensis* Jacq) SEBAGAI PEMBERSIH WAJAH IRRITATION TEST AND EFFECTIVENESS TEST PEEL OFF GEL MASK ACTIVATED CHARCOAL FROM PALM SHELL (*Elaeis guinensis* Jacq) AS FACIAL CLEANS. *Indonesian Journal of Pharma Science*, 1(1), 28–41.

- Diharyo, Salampak, Damanik, Z., & Gumiri, S. (2020). Pengaruh Lama Aktifasi dengan H₃PO₄ dan Ukuran Butir Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 5(1), 48–54.
- Erawati, E., & Afifah, E. F. N. (2018). Pembuatan Karbon Aktif Dari Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis* L., f) (Ukuran Partikel dan Jenis Aktivator). *The 8th University Research Colloquium 2018*, 97–104.
- Fatmawati, S., Situmorang, A., Pitria, A. N., & Rosyidah, N. S. (2021). Analisis Timbal Pada Pensil Alis dan Perona Mata Lokal Yang Beredar di Toko Online Menggunakan Metode Spektrofotometri Visible. *Chimica et Natura Acta*, 9(2), 50–57.
<https://doi.org/10.24198/cna.v9.n2.34158>
- Gultom, E. M., & Lubis, M. T. (2014). APLIKASI KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT DENGAN AKTIVATOR H₃PO₄ UNTUK PENYERAPAN LOGAM BERAT Cd DAN Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(1), 5.
- Gusdini, N., Purwanto, M. J. J., Murtalaksono, K., & Kholil. (2016). KELANGKAAN AIR BERSIH: TELAHAH SISTEM PELAYANAN PENYEDIAAN AIR BERSIH DI KABUPATEN BEKASI WATER. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 175–186.
- Harahap, H. H., Malik, U., Dewi, R., & Fisika, J. (2014). Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Menggunakan H₂O sebagai Aktivator untuk Menganalisis Proksimat, Bilangan Iodine dan Rendemen. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau*, 1(2), 189895.
<https://www.neliti.com/publications/189895/>
- Kristianingrum, S., Sulistyani, S., Fillaeli, A., Dwi Siswani, E., & Hasna Nafiisah, N. (2020). Aplikasi Sistem Kontinyu Menggunakan Karbon Aktif untuk Penurunan Kadar Logam Cu dan Zn dalam Air Limbah. *Jurnal Sains Dasar*, 9(2), 54–59.
<https://doi.org/10.21831/jsd.v9i2.38965>
- Kusniawati, E., Sari, D. K., & Putri, M. K. (2023). Pemanfaatan Sekam Padi sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar pH, TURBIDITY, TSS, dan TDS. 2(10), 4183–4198.
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R., & Wijayanti, H. (2013). Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia Dan Fisika-Kimia. *Konversi*, 2(1), 45.
<https://doi.org/10.20527/k.v2i1.136>
- Mengistie, A. A., Siva Rao, T., Prasada Rao, A. V., & Singanan, M. (2008). Removal of lead(II) ions from aqueous solutions using activated carbon from *Militia ferruginea* plant leaves. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 22(3), 349–360.
<https://doi.org/10.4314/bcse.v22i3.61207>
- Nisak, K., Setyowati, R. D. N., & Suprayogi, D. (2022). Perbedaan Laju Alir Dan Volume Adsorben Kulit Pisang Kepok Terhadap Penurunan Logam Timbal Dalam Reaktor Kontinyu. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(3), 232–241.
<https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v10i3.232-241>
- Nurhikmah, F., Selitung, M., & Rauf, S. (2022). ANALISIS TINGKAT PENYEBARAN PENCEMARAN SUNGAI TALLO DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) (Analysis of the Pollution Distribution Level of the Tallo River using Geographic Information Systems (GIS)). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 6(2), 179–198.
<https://doi.org/10.20886/jppdas.2022.6.2.179-198>
- Pranata, J. (2007). Pemanfaatan Sabut dan

tempurung Kelapa serta Cangkang Sawit untuk Pembuatan Asap Cair. *Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe*, 1(1), 1–6.

- Taty-Costodes, V. C., Fauduet, H., Porte, C., & Ho, Y. S. (2005). Removal of lead (II) ions from synthetic and real effluents using immobilized *Pinus sylvestris* sawdust: Adsorption on a fixed-bed column. *Journal of Hazardous Materials*, 123(1–3), 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.03.032>
- Titus, L., Gauru, I., & Selan, O. T. E. (2019). Pemanfaatan Arang Tempurung Kenari (*Canarium Vulgare* Leenh) Teraktifasi Asam Fosfat Sebagai Adsorben Fosfat Pada Limbah Domestik. *Kajian Awal Ekstraksi Silika Dari Pasir Noeltoko Menggunakan X-Ray Fluorescence*, June, 278–289.
- Ugra, S., Adawiyah, A., Nur, A., & Makassar, P. A. T. I. (2021). Pengaruh Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit Untuk Menurunkan Bod, Cod, Dan Tss Limbah Cair Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri*, July, 436–441. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmi/pa/article/view/9724/9496>
- Verayana, V. (Verayana), Paputungan, M. (Mardjan), & Iyabu, H. (Hendri). (2018). Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 13(1), 67–75.
- wahyudi, Harjanto, Mustafa, R., & Ziadah, A. (2019). Pengaruh Aktivator Asam Dan Basa Organik Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Kulit Kacang Tanah. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat, 2019*, 64–69.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh aktifitas warga di sempadan sungai terhadap kualitas air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40.