

Uji Efektivitas Kombinasi Filter-Adsorpsi Arang Tempurung Kelapa Pada Penurunan COD Dan TSS Limbah Cair RPH

Navisa Ika Irmayanti, Mohamad Mirwan*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: mmirwan.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 11 Februari 2025

Disetujui: 2 Maret 2025

Abstract

Slaughterhouse waste is one of the sources of water pollution. If not properly managed, the slaughterhouse industry can have a significant negative impact on the environment and humans. The purpose of this study was to analyze the effectiveness of the combination of coconut shell charcoal filter-adsorption on the reduction of COD and TSS of slaughterhouse liquid waste. Slaughterhouse liquid waste is flowed into a filtration-adsorption reactor with a flow rate of 54 ml/minute and using the Slow Sand Filter (SSF) method, downflow flow with a continuous system. There are five reactors namely filtration-adsorption reactors A, B, C, D and E with different filter media in each reactor with sampling times of 0, 30, 60, 90 and 120 minutes. The variables measured were the effectiveness of the filter media reactor in reducing COD and TSS parameters, the adsorption capacity of reactors B and C, and the breakthrough time on the filter media of reactors B and C. The results showed that the best reactor effectiveness was in reactor E, which was able to remove 75% COD and 70.8% TSS parameters with a mesh size of 100 and a sampling time of 120 minutes. The highest adsorption capacity on 10 mesh and 100 mesh coconut shell activated carbon media was 0.0222 mg/mg adsorbent and 0.0233 mg/mg adsorbent, respectively. The breakthrough time obtained varied from 0.78 days to 1.60 days in each reactor.

Keywords: *rph liquid waste, filtration-adsorption, coconut shell activated charcoal, adsorption capacity, breakthrough time*

Abstrak

Limbah rumah potong hewan (RPH) adalah salah satu sumber pencemaran air. Jika tidak dikelola dengan baik, kegiatan industri pemotongan hewan dapat memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan dan manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis Efektivitas Kombinasi Filter-Adsorpsi Arang Tempurung Kelapa Pada Penurunan COD Dan TSS Limbah Cair RPH. Limbah cair RPH dialirkan pada reaktor filtrasi-Adsorpsi dengan debit 54 ml/menit dan menggunakan metode Slow Sand Filter (SSF), Aliran downflow dengan sistem kontinyu. Terdapat lima reaktor yaitu reaktor filter-adsorpsi A,B,C,D dan E dengan media filter yang berbeda pada setiap reaktor dengan waktu pengambilan sampel 0,30,60,90, dan 120 menit. Variabel yang diukur adalah efektivitas reaktor media filter untuk menurunkan parameter COD dan TSS, kapasitas adsorpsi reaktor B dan C dan waktu breakthrough pada media filter Reaktor B dan C. Hasil penelitian menunjukkan Efektivitas reaktor terbaik terdapat pada reaktor E yaitu mampu menyisihkan parameter COD 75% dan TSS 70,8% dengan ukuran mesh 100 dan waktu sampling 120 menit. Kapasitas adsorpsi tertinggi pada media arang aktif tempurung kelapa 10 mesh dan 100 mesh adalah 0,0222 mg/mg adsorben dan 0,0233 mg/mg adsorben. Waktu breakthrough diperoleh bervariasi pada setiap reaktor yaitu 0,78 hari sampai 1,60 hari.

Kata Kunci: *limbah cair rph, filtrasi-adsorpsi, arang aktif tempurung kelapa, kapasitas adsorpsi, waktu breakthrough*

1. Pendahuluan

Limbah cair yang berasal dari rumah potong hewan berkontribusi terhadap pencemaran air. Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) ini memiliki sifat kompleks, air limbah dari aktivitas ini memiliki konsentrasi pencemar yang lebih tinggi dibandingkan limbah domestik sehingga mencemari lingkungan dan menjadi sarang mikroorganisme patogen. Air limbah RPH mengandung sekitar 45% bahan organik terlarut dan 55% padatan tersuspensi dari total padatan yang dapat dipisahkan melalui proses penyaringan. Komponen limbah cair terbanyak berasal dari darah serta fase yang dihasilkan pada saat aktivitas pemotongan serta pencucian selama proses berlangsung [1].

Limbah cair RPH dapat menyebabkan perubahan kualitas air seperti peningkatan warna, pH, total padatan terlarut, padatan tersuspensi, kandungan lemak, BOD₅, amonium, nitrogen, dan fosfor [2]. Tanpa pengelolaan yang memadai, industri pemotongan hewan dapat berpotensi memberikan efek buruk bagi lingkungan dan masyarakat [3].

Pengolahan efluen cair pada industri RPH amat penting agar limbah tidak langsung dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan, sehingga tidak merusak ekosistem [4]. Filtrasi air merupakan metode pengolahan yang efektif untuk menghilangkan partikel koloid dari air, meningkatkan kualitasnya, membuatnya lebih jernih, dan layak digunakan. Media filter berfungsi menyaring polutan sehingga menghasilkan air yang lebih bersih [5].

Efisiensi proses penyaringan dipengaruhi oleh tipe serta sifat material yang digunakan. Sasaran penyaringan adalah memisahkan polutan dari air limbah menggunakan media filter, sehingga mampu menurunkan logam berat, warna, aroma, rasa, serta mikroorganisme patogen di dalamnya. [6]. Salah satu metode untuk mengurangi beban pencemaran air adalah dengan menggunakan karbon aktif atau arang aktif. Arang aktif memiliki pori-pori yang dapat menyerap bahan organik dalam limbah rumah potong hewan [7].

Tempurung kelapa dipilih menjadi material dasar arang aktif sebab belum banyak dimanfaatkan [8]. Selain itu, penggunaan tempurung kelapa sebagai karbon aktif menawarkan solusi ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah yang tersedia, mengurangi jumlah sampah, serta mengurangi efek buruk pada ekosistem. Karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa mempunyai kapasitas penyerapan tinggi terhadap zat kimia, logam berbahaya, dan senyawa toksik, sehingga efektif untuk penyaringan air serta eliminasi polutan berbahaya [9].

Karakteristik tempurung kelapa mencakup kadar air sebesar 7,8%, kadar abu 0,4%, kadar material yang menguap 80,80%, dan kadar karbon 18,80%. Secara kimiawi, tempurung kelapa mengandung selulosa 33,61%, hemiselulosa 19,27%, dan lignin 36,51% [8]. Dimana karakteristik tempurung kelapa tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 tentang Persyaratan Arang Aktif [10].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan tempurung kelapa sebagai adsorben alami dalam reaktor filtrasi dengan variasi media filter, ukuran mesh arang aktif, dan waktu kontak terhadap air limbah untuk menentukan kondisi optimum dalam penurunan COD dan TSS pada limbah cair RPH.

2. Metode Penelitian

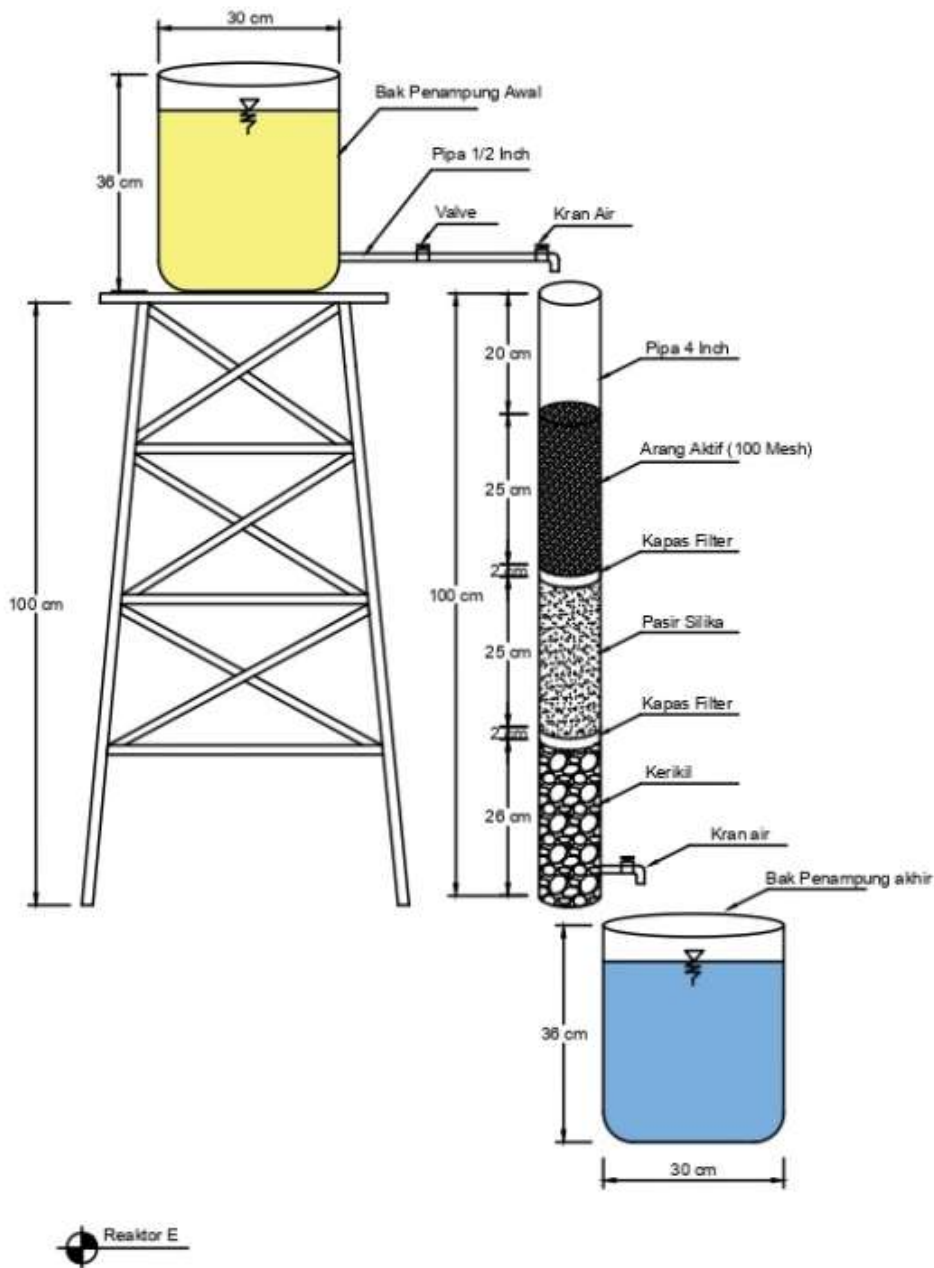
2.1 Pembuatan Media Arang Aktif Tempurung Kelapa

Pada penelitian ini menggunakan media kerikil, pasir silika, arang aktif tempurung kelapa 10 dan 100 Mesh. Tempurung Kelapa dicuci dan dihilangkan kotorannya, potong tempurung Kelapa hingga berukuran 3~5 cm, kemudian selama 24 jam jemur hasil potongan tempurung kelapa di bawah sinar matahari, pada proses karbonisasi letakkan tempurung kelapa kering sampai 2 jam pada furnace menggunakan suhu 500°C, kemudian agar diperoleh suhu normal letakkan hasil arang sekitar 15 menit pada desikator, setelah itu tempurung Kelapa diperhalus ukurannya menggunakan tumbukan atau mortar dan di ayak menggunakan ayakan 10 dan 100 mesh, kemudian dilakukan aktivasi arang menggunakan larutan (H₃PO₄) 4 M, siapkan 1000 ml gelas beaker dan 1 kg arang untuk proses aktivasi dengan perendaman H₃PO₄ 4M selama 24 jam, setelah proses aktivasi selesai arang dicuci hingga memperoleh pH netral dan di oven pada suhu 110°C selama 3 jam agar arang kering dan siap digunakan [8].

2.2 Penelitian Utama Proses Filtrasi-Adsorpsi

Sampel air yang diolah ialah limbah cair rumah potong hewan (RPH) X. Sampel tersebut kemudian dialirkan pada reaktor filtrasi-Adsorpsi dengan debit 54 ml/menit dan menggunakan metode Slow Sand Filter (SSF), Aliran downflow dengan sistem kontinyu. Terdapat lima reaktor yakni reaktor (A,B,C,D dan E) dengan media filter yang berbeda pada setiap reaktor dengan waktu kontak pengambilan sampel 0,30,60,90, dan 120 menit. Reaktor berbahan dasar pipa PVC ukuran 4 inch dan tinggi reaktor 100 cm, Media filter disusun secara vertikal. Pengisian lapisan media reaktor A disusun mulai dengan ketebalan kerikil 26 cm, kapas filter 2 cm dan pasir silika 25 cm, reaktor B disusun dengan ketebalan kerikil 26 cm, kapas filter 2 cm, dan arang aktif tempurung kelapa 25 cm (10 mesh), reaktor C disusun dengan ketebalan kerikil 26 cm, kapas filter 2 cm, dan arang aktif tempurung kelapa 25 cm (100 mesh), reaktor D disusun dengan ketebalan kerikil 26 cm, kapas filter 2 cm, pasir silika 25 cm, kapas filter 2 cm dan arang aktif tempurung kelapa 25 cm (10 mesh) sedangkan pada reaktor E disusun dengan ketebalan kerikil 26 cm,

kapas filter 2 cm, pasir silika 25 cm, kapas filter 2 cm dan arang aktif tempurung kelapa 25 cm (100 mesh).
Gambar 1 berikut merupakan contoh reaktor E yang digunakan untuk proses penelitian filtrasi-Adsorpsi.



Gambar 1. Reaktor Filtrasi-Adsorpsi
 Sumber : Peneliti, 2024

2.3 Analisa Karakteristik Arang Aktif Tempurung Kelapa

A. Perhitungan Kadar Air

Kadar air arang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [11]:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{a-b}{a} \times 100 \%$$

Keterangan:

a = Massa awal arang aktif (g)

b = Massa akhir arang aktif (g)

B. Perhitungan Kadar Abu

Pengujian Kadar Abu Arang Aktif dapat dihitung dengan persamaan berikut [11]:

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{b}{a} \times 100 \%$$

Keterangan:

- a = Massa awal arang aktif (g)
- b = Massa akhir arang aktif (g)

C. Perhitungan Daya Serap Iodium

Berikut merupakan Rumus perhitungan daya serap Iodium [12]:

$$\text{Daya Serap Iodin} = \frac{A - \frac{B \times N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{N(\text{Iodin})} \times 126,93 \times \text{fp}}{\alpha}$$

Keterangan:

- A = Volume larutan iodine (mL)
- B = Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang terpakai (mL)
- fp = faktor pengenceran
- α = bobot karbon aktif (g)
- $N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ = konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)
- $N(\text{iodin})$ = konsentrasi iodine (N)
- 126,93 = jumlah iodine sesuai 1 mL larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

2.4 Analisa Efektivitas Penyisihan COD dan TSS

Besarnya nilai efektivitas COD dan TSS dinyatakan dalam bentuk persentase (%). Rumus yang digunakan untuk menentukan efektivitas penyisihan pencemaran ialah sebagai berikut [13]:

$$\eta (\%) = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Keterangan:

- η = efektivitas penyisihan %
- C_o = konsentrasi awal limbah (mg/L)
- C_e = konsentrasi akhir limbah (mg/L)

2.5 Analisa Perhitungan kapasitas adsorpsi

Perhitungan kapasitas adsorpsi Model Thomas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right) = \frac{K_{Th} q_o X}{v} - K_{Th} C_o t$$

Dimana:

- C_o = Influent (mg/L)
- C_e = Effluent (mg/L)
- K_{Th} = Kinetika Thomas (L/mg/menit)
- v = Volume air (ml/menit)
- q_o = Kapasitas adsorpsi (mg/g)
- X = Jumlah adsorben (g)
- t = Waktu sampling (menit)

Nilai dari K_{Th} (Kinetika Thomas) dan q_o (Kapasitas Adsorpsi) dapat ditentukan melalui plot $\ln(C_o/C_e - 1)$ terhadap waktu menggunakan persamaan regresi linear atau plot (C_e/C_o) terhadap waktu dengan regresi nonlinier, dengan kisaran nilai C_e/C_o antara 0,05 hingga 0,95 [14].

2.6 Analisa Penentuan Waktu Breakthrough Media Filter

Perkiraan titik jenuh atau waktu breakthrough dari media filter dapat dihitung menggunakan rumus berikut [15]:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi klorida} &= Q \times C_o \\ \text{Waktu Breakthrough} &= \frac{M \times q_o}{\text{Konsentrasi Klorida}} \end{aligned}$$

Keterangan:

- Q = Debit filtrasi (L/jam)
- C_o = Konsentrasi awal (mg/L)
- M = Massa media filter (gram)
- q_o = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Analisa Uji Awal COD dan TSS limbah Cair RPH

Studi ini dimulai dengan pengkajian karakteristik atau sifat dasar air limbah untuk memahami kondisi awal air limbah yang akan diproses. Sampel air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair RPH (Rumah Potong Hewan) X. hasil dari uji awal digunakan untuk menilai efektivitas pengelolaan dalam mengurangi parameter pencemar. Uji pendahuluan ini menganalisis beban pencemar COD dan TSS pada sampel air RPH terkait (Permen LH No. 5 Th 2014) tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Rumah Pemotongan Hewan. Hasil uji karakteristik awal air limbah dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Cair RPH

No.	Parameter	Satuan	Karakteristik	Permen LH
			Awal	No.5 Th 2014
1.	TSS (Total Suspended Solid)	mg/L	480	100
2.	COD (Chemical Oxygen Demand)	mg/L	640	200

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Mengacu pada hasil analisa karakteristik awal sampel RPH yang tercantum di **Tabel 1**, Limbah Cair RPH yang akan diolah memiliki nilai COD 640 mg/l dan TSS 480 mg/l, kedua parameter tersebut melebihi standar baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Kandungan COD dan TSS pada sampel limbah RPH berasal dari kandungan organik dan nutrien dengan konsentrasi yang signifikan tinggi [16].

3.2 Hasil Analisa Karakteristik Arang Aktif Tempurung Kelapa

Arang aktif yang dihasilkan ditentukan kualitasnya dengan pengujian % kadar air, % kadar abu, serta menguji daya serap terhadap iodin sebagai indikator kualitas dasar arang aktif. Selanjutnya hasil uji parameter karbon aktif dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 yang dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Karakteristik Arang Aktif Tempurung Kelapa

No.	Data Uji	Variasi ukuran partikel arang		SNI 06- 3730-1995	
		10 Mesh	100 Mesh	Butiran	Serbuk
1.	Kadar Air (%)	6,80 %	4,72 %	Maks. 4,4	Maks. 15
2.	Kadar Abu (%)	6,82 %	8,80 %	Maks. 2,4	Maks. 10
3.	Daya Serap Iodine (mg/g)	761,58	990,05	Min. 650	Min. 750

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan **Tabel 2** diperoleh kadar air arang aktif tempurung kelapa variasi 10 mesh yaitu 6,80 % dan arang aktif tempurung kelapa variasi 100 mesh 4,72 % hasil tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 bahwa kadar air maksimum adalah 15%. Nilai kadar air tersebut menunjukkan bahwa semakin halus ukuran partikel karbon aktif, semakin sedikit kandungan air yang tersimpan. Hal ini disebabkan oleh ukuran pori-pori udara yang semakin kecil, sehingga air sulit masuk ke dalam pori-pori karbon aktif [8].

Hasil uji kadar abu yang diperoleh dari variasi arang aktif 10 mesh sebesar 6,82 % dan arang aktif 100 mesh 8,80% hasil tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 tentang persyaratan arang aktif persen kadar abu tertinggi ialah 10%. Hasil pengujian persen kadar abu sejalan dengan pernyataan [8], yang menyebutkan bahwa semakin kecil ukuran partikel, semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena pori-pori dalam karbon aktif cenderung terisi oleh molekul-molekul tertentu.

Sedangkan daya serap iodine arang aktif variasi 10 mesh sebesar 761,58 mg/g dan arang aktif 100 mesh 990,05 mg/g. Hasil ini sudah sesuai dengan ketentuan SNI 06-3730-1995 yang menetapkan bahwa kapasitas adsorpsi iodine minimum ialah 750 mg/g. Semakin tinggi angka iodine, semakin besar kemampuan arang aktif dalam menyerap adsorbat atau zat terlarut. Peningkatan bilangan iodine menunjukkan bahwa daya serap terhadap iodine meningkat seiring dengan tingginya konsentrasi aktivator, yang menandakan bahwa kualitas arang aktif semakin baik dalam proses penyerapan [12].

3.3 Hasil Analisa Efektivitas Penyisihan COD

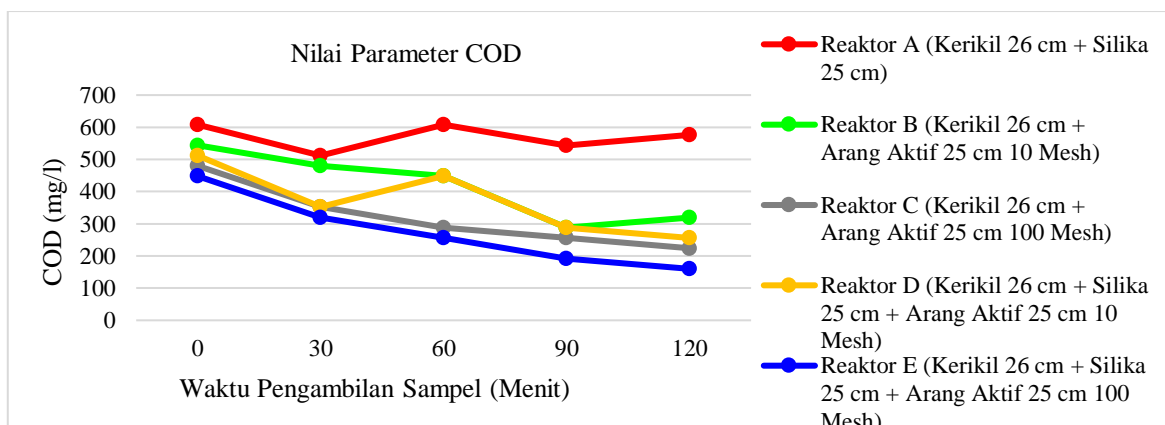
Mengacu pada penelitian yang telah dilaksanakan, nilai kandungan COD pada limbah cair RPH yang telah melalui proses filtrasi-adsorpsi dituangkan dalam **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Hasil Akhir Parameter COD Seluruh Variabel Penelitian
COD (Chemical Oxygen Demand)

Kode Sampel	Waktu Sampling (Menit)	Variabel	Nilai COD Awal (Mg/l)	Nilai COD Akhir (Mg/l)	% Efektivitas Removal
A1	0	Kerikil 26 cm + Silika 25 cm	640	608	5,0%
A2	30		640	512	20,0%
A3	60		640	608	5,0%
A4	90		640	544	15,0%
A5	120		640	576	10,0%
Rata-rata Penyisihan			640	570	11,00%
B1	0	Kerikil 26 cm + Arang Aktif 25 cm (10 Mesh)	640	544	15,0%
B2	30		640	480	25,0%
B3	60		640	448	30,0%
B4	90		640	288	55,0%
B5	120		640	320	50,0%
Rata-rata Penyisihan			640	416	35,00%
C1	0	Kerikil 26 cm + Arang Aktif 25 cm (100 Mesh)	640	480	25,0%
C2	30		640	352	45,0%
C3	60		640	288	55,0%
C4	90		640	256	60,0%
C5	120		640	224	65,0%
Rata-rata Penyisihan			640	320	50,00%
D1	0	Kerikil 26 cm + Silika 25 cm + Arang Aktif 25 cm (10 Mesh)	640	512	20,0%
D2	30		640	352	45,0%
D3	60		640	448	30,0%
D4	90		640	288	55,0%
D5	120		640	256	60,0%
Rata-rata Penyisihan			640	371	42,00%
E1	0	kerikil 26 cm + Silika 25 cm + Arang Aktif 25 cm (100 Mesh)	640	448	30,0%
E2	30		640	320	50,0%
E3	60		640	256	60,0%
E4	90		640	192	70,0%
E5	120		640	160	75,0%
Rata-rata Penyisihan			640	275	57,00%

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

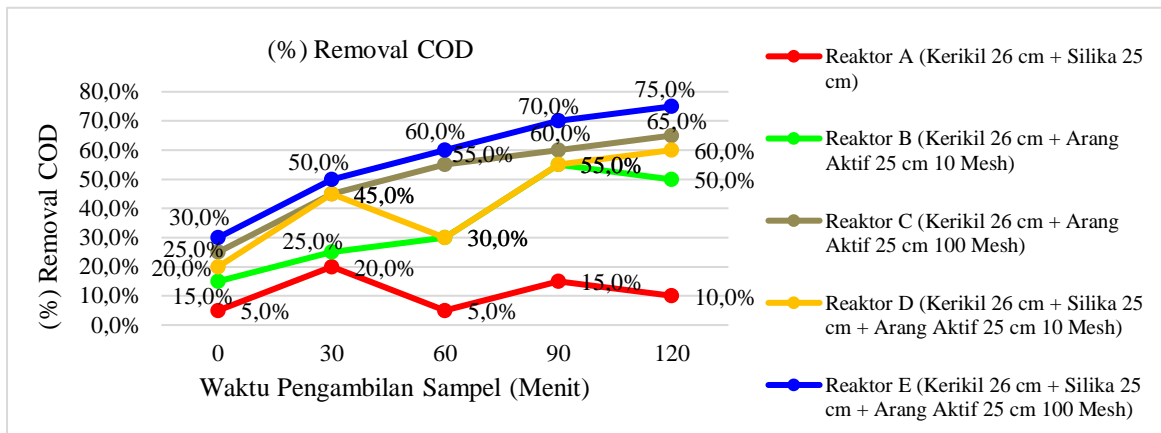
Berikut merupakan grafik hasil analisa kemampuan alat filtrasi-adsorpsi dalam menurunkan parameter pencemar air berupa COD (Chemical Oxygen Demand) pada setiap reaktor dengan perbedaan media dengan waktu pengambilan sampel setiap 30 menit.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Sampling Terhadap Nilai COD

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan data hasil perhitungan persentase efektivitas kemampuan reaktor filtrasi-adsorpsi dalam menurunkan parameter pencemar COD (Chemical Oxygen Demand) pada **Tabel 3**, maka dapat dijelaskan menjadi sebuah grafik persentase efektivitas pengolahan pada masing-masing reaktor filtrasi-adsorpsi yang ditunjukkan pada **Gambar 3** sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi Media dan Waktu Sampling Terhadap (%) Removal COD
Sumber : Peneliti, 2024

Dari hasil akhir kadar COD setelah dilakukan pengolahan filtrasi-adsorpsi pada semua reaktor hanya reaktor E dengan variabel komposisi media kerikil 26 cm + Silika 25 cm + Arang Aktif 25 cm (100 Mesh) yang telah memenuhi standard baku mutu dengan kadar COD 160 mg/l, sedangkan untuk reaktor A, B, C dan D belum memenuhi standard baku mutu yang telah ditetapkan oleh (Permen LH No. 5 Th 2014). Dimana pada parameter COD maksimal yang diperbolehkan yaitu 200 mg/l. Namun dapat dilihat pada **Tabel 3** yang menunjukkan bahwa kemampuan multimedia filter dengan arang aktif maupun tanpa arang sama-sama mampu menurunkan kadar COD, tetapi multimedia dengan arang terbukti lebih mampu menurunkan kadar COD jika dibandingkan dengan tanpa arang.

Menurunnya kadar COD dapat terjadi karena menggunakan kombinasi adsorben (multiadsorben) berupa pasir silika, arang aktif, serta kerikil yang multifungsi, yakni dapat menjalankan proses filtrasi, adsorpsi, dan penukaran ion dengan bersamaan. Kombinasi ini efektif dalam menguraikan serta menyisihkan polutan organik pada limbah [17].

3.4 Hasil Analisa Efektivitas Penyisihan TSS

Mengacu pada penelitian yang telah dilaksanakan, nilai kandungan TSS pada limbah cair RPH yang telah melalui proses filtrasi-adsorpsi dituangkan dalam **Tabel 4** berikut.

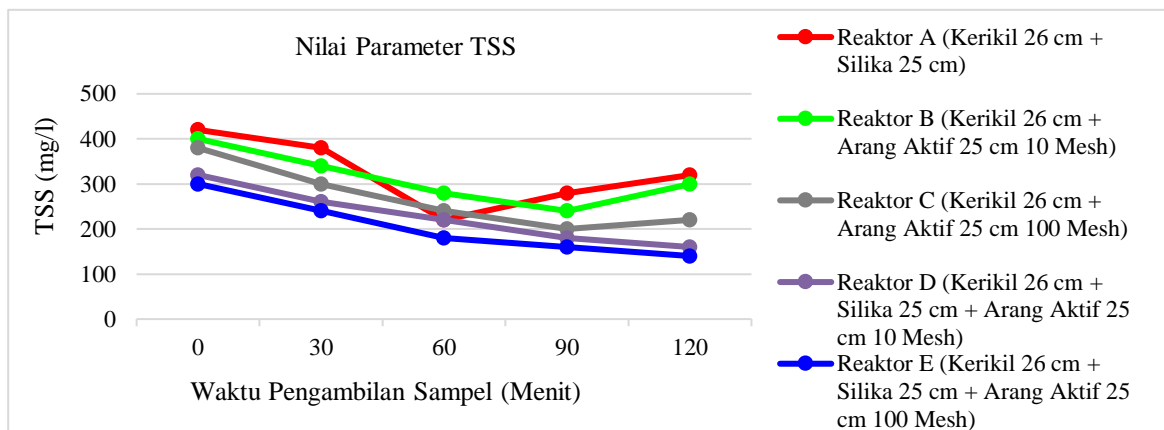
Tabel 4. Hasil Akhir Parameter TSS Seluruh Variabel Penelitian

TSS (Total Suspended Solid)					
Kode Sampel	Waktu Sampling (Menit)	Variabel	Nilai TSS Awal (Mg/l)	Nilai TSS Akhir (Mg/l)	% Efektivitas Removal
A1	0	Kerikil 26 cm + Silika 25 cm	480	420	12,5%
A2	30		480	380	20,8%
A3	60		480	220	54,2%
A4	90		480	280	41,7%
A5	120		480	320	33,3%
Rata-rata Penyisihan			480	324	32,50%
B1	0	Kerikil 26 cm + Arang Aktif 25 cm (10 Mesh)	480	400	16,7%
B2	30		480	340	29,2%
B3	60		480	280	41,7%
B4	90		480	240	50,0%
B5	120		480	300	37,5%
Rata-rata Penyisihan			480	312	35,00%
C1	0	Kerikil 26 cm + Arang Aktif 25 cm (100 Mesh)	480	380	20,8%
C2	30		480	300	37,5%
C3	60		480	240	50,0%
C4	90		480	200	58,3%

TSS (Total Suspended Solid)					
Kode Sampel	Waktu Sampling (Menit)	Variabel	Nilai TSS Awal (Mg/l)	Nilai TSS Akhir (Mg/l)	% Efektivitas Removal
C5	120		480	220	54,2%
	Rata-rata Penyisihan		480	268	44,17%
D1	0	Kerikil 26 cm + Silika 25 cm + Arang Aktif 25 cm (10 Mesh)	480	320	33,3%
D2	30		480	260	45,8%
D3	60		480	220	54,2%
D4	90		480	180	62,5%
D5	120		480	160	66,7%
	Rata-rata Penyisihan		480	228	52,50%
E1	0	kerikil 26 cm + Silika 25 cm + Arang Aktif 25 cm (100 Mesh)	480	300	37,5%
E2	30		480	240	50,0%
E3	60		480	180	62,5%
E4	90		480	160	66,7%
E5	120		480	140	70,8%
	Rata-rata Penyisihan		480	204	57,50%

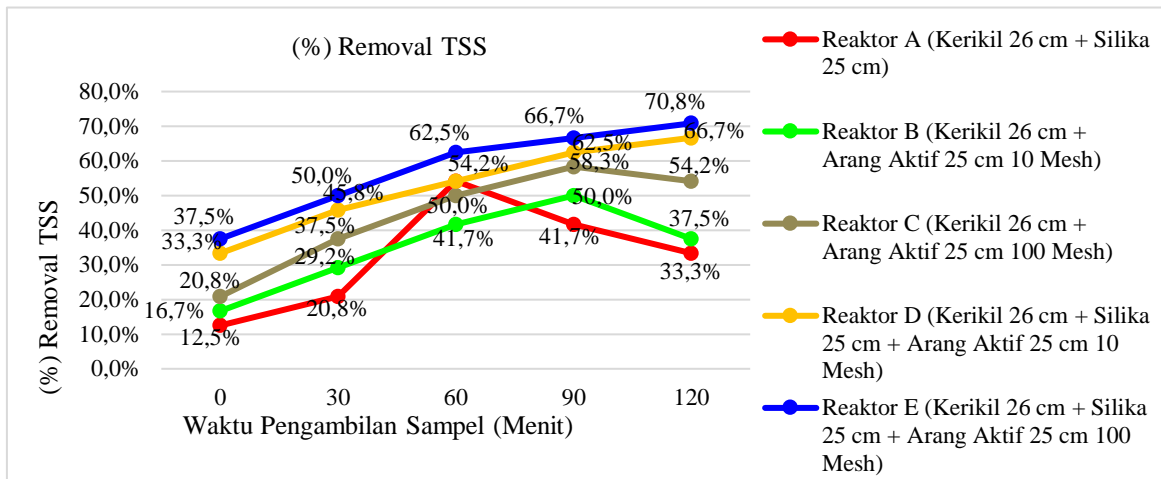
Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berikut merupakan grafik hasil analisa kemampuan alat filtrasi-adsorpsi dalam menurunkan parameter pencemar air berupa TSS (Total Suspended Solid) pada setiap reaktor dengan perbedaan media dengan waktu pengambilan sampel setiap 30 menit.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Waktu Sampling Terhadap Nilai TSS
Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan data hasil perhitungan persentase efektivitas kemampuan reaktor filtrasi-adsorpsi dalam menurunkan parameter pencemar TSS (Total Suspended Solid) pada **Tabel 4**, maka dapat dijelaskan menjadi sebuah grafik persentase efektivitas pengolahan pada masing-masing reaktor filtrasi-adsorpsi yang ditunjukkan pada **Gambar 5** sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi Media dan Waktu Sampling Terhadap (%) Removal TSS
Sumber : Peneliti, 2024

Dari hasil akhir kadar TSS setelah dilakukan pengolahan filtrasi-adsorpsi pada semua reaktor belum memenuhi standard baku mutu (Permen LH No. 5 Th 2014). Dimana kadar TSS maksimal yang diperbolehkan yaitu 100 mg/l. Namun dapat dilihat pada Tabel 4 semua reaktor mengalami hasil penurunan kadar TSS yang cukup signifikan.

Penyisihan TSS pada sampel RPH terjadi dengan penahanan oleh media filter, yang dipengaruhi oleh porositas dan ketebalan lapisan media yang dilalui aliran limbah di dalam kolom proses. Penelitian ini melibatkan lima reaktor dengan dua variasi ketebalan media filter, yaitu 55 cm dan 80 cm, di mana penurunan TSS paling efektif terjadi pada reaktor E dengan ketebalan 80 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa ketebalan lapisan adsorben berperan penting dalam penurunan TSS, karena semakin tebal lapisan adsorben, semakin lama dan banyak air yang melewati pori-pori media filter, yaitu arang aktif tempurung kelapa dan pasir silika, sehingga lebih banyak zat organik yang teradsorpsi. Penemuan ini sejalan dengan penelitian [18], yang menyatakan bahwa ketebalan media adsorben yang efektif untuk filtrasi umumnya berada dalam rentang 80-120 cm.

3.5 Hasil Analisa Perhitungan kapasitas adsorpsi Parameter COD

Kapasitas adsorpsi (mg/g) pada Arang Aktif Tempurung Kelapa 10 dan 100 Mesh sebagai adsorben terhadap COD diukur dengan menggunakan metode permodelan Thomas. Disajikan ringkasan hasil analisa permodelan Thomas sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Kapasitas Adsorpsi COD Model Thomas

Reaktor	Persamaan Linier dan Nilai Regresi Model Thomas Parameter COD		Arang Aktif Tempurung Kelapa 10 Mesh		Arang Aktif Tempurung Kelapa 100 Mesh	
	Persamaan Linier	Koefisien Regresi	Kth	Qo	Kth	Qo
B	$y=0,0159x-1,6497$	$R^2=0,891$	0,000161	0,0222	-	-
C	$y=0,0135x-0,8231$	$R^2=0,8906$	-	-	0,000137	0,0233

Sumber : Peneliti, 2024

Pada Tabel 5 dapat ditarik kesimpulan untuk nilai KTH dan Qo tertinggi dengan variasi penggunaan adsorben jenis arang aktif tempurung kelapa 10 mesh sebesar 0,000161 l/mg/hari dan 0,0222 mg/mg. yang artinya dalam 1 gram arang aktif tempurung kelapa 10 mesh yang digunakan mampu menyerap COD sebanyak 0,0222 mg. Nilai KTH dan Qo tertinggi dengan variasi penggunaan adsorben jenis arang aktif tempurung kelapa 100 mesh sebesar 0,000137 l/mg/hari dan 0,0233 mg/mg. yang artinya dalam 1 gram arang aktif tempurung kelapa 100 mesh yang digunakan mampu menyerap COD sebanyak 0,0233 mg.

3.6 Hasil Analisa Perhitungan kapasitas adsorpsi Parameter TSS

Kapasitas adsorpsi (mg/g) pada Arang Aktif Tempurung Kelapa 10 dan 100 Mesh para parameter TSS dihitung dengan model Thomas. Disajikan ringkasan hasil analisa permodelan Thomas sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil Kapasitas Adsorpsi TSS Model Thomas

Reaktor	Persamaan Linier dan Nilai Regresi Model Thomas Parameter TSS		Arang Aktif Tempurung Kelapa 10 Mesh		Arang Aktif Tempurung Kelapa 100 Mesh	
	Persamaan Linier	Koefisien Regresi	Kth	Qo	Kth	Qo
B	$y=0,0103x-1,2857$	$R^2=0,6279$	0,000139	0,0200	-	-
C	$y=0,0128x-1,0387$	$R^2=0,8133$	-	-	0,000173	0,0233

Sumber : Peneliti, 2024

Pada **Tabel 6** dapat ditarik kesimpulan untuk nilai KTH dan Qo tertinggi dengan variasi penggunaan adsorben jenis arang aktif tempurung kelapa 10 mesh sebesar 0,000139 l/mg/hari dan 0,0200 mg/mg. yang artinya dalam 1 gram arang aktif tempurung kelapa 10 mesh yang digunakan mampu menyerap TSS sebanyak 0,0200 mg. Nilai KTH dan Qo tertinggi dengan variasi penggunaan adsorben jenis arang aktif tempurung kelapa 100 mesh sebesar 0,000173 l/mg/hari dan 0,0233 mg/mg. yang artinya dalam 1 gram arang aktif tempurung kelapa 100 mesh yang digunakan mampu menyerap TSS sebanyak 0,0233 mg.

3.7 Hasil Analisa Penentuan Waktu Breakthrough Media Filter

Perhitungan waktu breakthrough untuk COD dan TSS dilakukan secara terpisah karena setiap parameter memiliki konsentrasi awal, laju adsorpsi, dan pola breakthrough yang berbeda. Waktu breakthrough dihitung berdasarkan analisa kapasitas adsorpsi media filter, hasil perhitungan pada **Tabel 7** berikut :

Tabel 7. Waktu Breakthrough Media Filter Pada Parameter COD

Reaktor	Waktu Breakthrough			
	Jam		Hari	
	Arang Aktif Tempurung Kelapa 10 Mesh	Arang Aktif Tempurung Kelapa 100 Mesh	Arang Aktif Tempurung Kelapa 10 Mesh	Arang Aktif Tempurung Kelapa 100 Mesh
B	32,01	-	1,33	-
C	-	18,81	-	0,78

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan **Tabel 7** pada reaktor C Waktu breakthrough media lebih cepat yaitu 0,78 hari. Hal ini di karenakan pada reaktor C menggunakan media arang aktif tempurung kelapa 100 mesh, dimana memiliki luas permukaan dan daya serap adsorpsi terhadap parameter COD yang besar sehingga media ini dapat cepat jenuh. Pada Reaktor B menggunakan arang aktif tempurung kelapa 10 mesh. Arang tempurung kelapa 10 mesh memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih rendah dibandingkan arang aktif Arang aktif 100 mesh sehingga saturasi titik jenuh tercapai lebih lama yaitu 1,33 hari.

Tabel 8. Waktu Breakthrough Media Filter Pada Parameter TSS

Reaktor	Waktu Breakthrough			
	Jam		Hari	
	Arang Aktif Tempurung Kelapa 10 Mesh	Arang Aktif Tempurung Kelapa 100 Mesh	Arang Aktif Tempurung Kelapa 10 Mesh	Arang Aktif Tempurung Kelapa 100 Mesh
B	38,51	-	1,60	-
C	-	25,04	-	1,04

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan **Tabel 8** Pada reaktor B di peroleh waktu breakthrough lebih lambat dibandingkan reaktor C, yaitu 1,60 hari. Hal ini disebabkan penggunaan Arang aktif tempurung kelapa 10 Mesh memiliki kapasitas adsorpsi fisik dan kimia yang lebih baik untuk menangkap TSS, selain itu partikel TSS dapat terserap ke dalam pori-pori arang aktif tidak hanya tertahan di permukaan. Sedangkan pada Reaktor C dengan media filter arang aktif tempurung kelapa 100 Mesh diperoleh waktu breakthrough lebih cepat yaitu 1,04 hari. Hal ini disebabkan Ukuran arang aktif tempurung kelapa 100 Mesh yang halus memiliki luas permukaan yang besar, tetapi pori-porinya kecil. Ini menyebabkan cepat tersumbat oleh partikel TSS.

4. Kesimpulan

Efektivitas variasi media filter terbaik dalam menurunkan parameter COD dan TSS ialah pada variasi Reaktor E dengan susunan media filter Kerikil 26 cm, Pasir silika 25 cm dan Arang aktif tempurung kelapa 100 Mesh 25 cm yang mampu menyisihkan parameter COD sebesar 75%, TSS 70,8% dengan ukuran mesh 100 dan lama waktu sampling 120 menit.

Kapasitas Adsorpsi dari variasi media adsorpsi reaktor B dan C di hitung menggunakan model Thomas dan diperoleh Persamaan linier parameter COD pada reaktor B yaitu $y=0,0159x-1,6497$ dan kapasitas adsorpsi media arang aktif tempurung kelapa 10 Mesh adalah 0,0222 mg/mg adsorben. Persamaan linier parameter COD pada Reaktor C yaitu $y=0,0135x-0,8231$ dan kapasitas adsorpsi media arang aktif tempurung kelapa 100 Mesh adalah 0,0233 mg/mg adsorben. Sedangkan Persamaan linier Parameter TSS pada reaktor B yaitu $y=0,0103x-1,2857$ dan kapasitas adsorpsi media arang aktif tempurung kelapa 10 Mesh adalah 0,0200 mg/mg adsorben. Persamaan linier parameter TSS pada Reaktor C yaitu $y=0,0128x-1,0387$ dan kapasitas adsorpsi media arang aktif tempurung kelapa 100 Mesh adalah 0,0233 mg/mg adsorben.

Waktu breakthrough dari variasi media adsorpsi reaktor B dan C ditetapkan berdasarkan pendekatan kinetika adsorpsi model Thomas. Waktu breakthrough pada parameter COD dalam Reaktor B 1,33 hari dan Reaktor C 0,78 hari sedangkan waktu breakthrough pada parameter TSS dalam Reaktor B 1,60 hari dan Reaktor C 1,04 hari.

5. Referensi

- [1] Wulandari, D. T., Prihatini, N. S., & Nilawati, R. I. N. (2022). Penyisihan Cod Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan Martapura Dengan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Horizontal Bawah Permukaan Menggunakan Tanaman Cyperus Alternifolius Dan Canna Indica. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(2), 125–134. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v10i2.125-134>
- [2] Hendrasarie, N., & Santosa, B. A. (2019). Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Menggunakan Rotating Biological Contactor Modifikasi Sludge Zone. *Journal of Reserch and Technology*, 5(2), 168–177.
- [3] Herman, H., Setianto, Y. A., & Sulistyowati, L. (2023). Analisis Pengelolaan Air Limbah Rumah Potong Hewan dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Ditinjau dari Perspektif One Health (Studi kasus pada UPTD Rumah Potong Hewan Jone). *Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan dan Kemasyarakatan*, 17(4), 2784. <https://doi.org/10.35931/aq.v17i4.2438>
- [4] Shinta, C., Amin, B., & Mubarak, M. (2021). Analisis Manajemen Rumah Potong Hewan Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(2), 130. <https://doi.org/10.31258/jil.15.2.p.130-139>
- [5] Faradila, R., Huboyo, H. S., & Syakur, A. (2023). Rekayasa Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Metode Kombinasi Filtrasi Untuk Menurunkan Tingkat Polutan Air. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 342–350. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.342-350>
- [6] Puspawati, S. W. (2017). Alternatif pengolahan limbah industri tempe dengan kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV*. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/50/062/50062778.pdf
- [7] Laras, N. S., Yuliani, & Fitrihidajati, H. (2015). Pemanfaatan arang aktif limbah kulit kacang kedelai (*Glycine max*) dalam meningkatkan kualitas limbah cair tahu. *Lentera Bio*, 4(1), 72–76.
- [8] Rahadiani, E. S. (2016). Pengurangan kadar pencemar pada air lindi sampah menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa.
- [9] Septiawati, E. (2023). pemanfaatan arang aktif tempurung kelapa dalam mengadsorpsi limbah cair laundry.
- [10] Zarkasi, K., Dewi Moelyaningrum, A., & Trirahayu Ningrum, P. (2018). Penggunaan Arang Aktif Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Terhadap Tingkat Adsorpsi Kromium (Cr 6+) Pada Limbah Batik. 5, 67–73.
- [11] Sari, M. I., Markasiwi, M. G., & Putri, R. W. (2021). Uji Karakteristik Fisik Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) Menggunakan Aktivator H₃PO₄. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 12(02), 4–11. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v12i02.129>
- [12] Sulaiman, N. H., Malau, L. A., Lubis, H., Harahap, N. B., Manalu, R., & Kembaren2, A. (2017). *Jurnal Einstein Pengolahan Tempurung Kemiri Sebagai Karbon Aktif Dengan Variasi Aktivator Asam Fosfat*. Diterima April. <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/inpafie-issn:2407-747x,p-issn2338-1981>

- [13] Fahmi, moh. aziizun. (2019). Studi Efisiensi Filter Penjernih Air Menggunakan Kombinasi Bahan Batu Scoria Dan Batu Apung Dengan Zeolit Dan Kerikil Untuk Mengurangi Polutan Pada Limbah Sintetis (Cr dan Pb). universitas brawijaya.
- [14] Thomas, H. C. (1994). Heterogenous Ion Exchange in a Flowing System. Chemical Journal, NO.66.
- [15] Asadiya, A. (2018). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. Institusi Teknologi Sepuluh Nopember.
- [16] Magnum, U. (2022). Efektivitas Arang Aktif Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr.*) Sebagai Media Filter Dalam Menyisihkan Parameter Cod Dan Tss Pada Limbah Cair Rumah Pematongan Hewan.
- [17] Pungus, M., Palilingan, S., & Tumimomor, F. (2019). Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi. Fullerene Journ. Of Chem, 4(2), 54–60.
- [18] Auliah, I. N., Khambali, & Sari, E. (2019). Efektivitas Penurunan Kadar Besi (Fe) pada Air Sumur dengan Filtrasi Serbuk Cangkang Kerang Variasi Diameter Serbuk. Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes, 10, 25–33.