

**ADSORPSI POLUTAN AIR LIMBAH *LAUNDRY* DENGAN
CAMPURAN ADSORBEN LUMPUR PDAM DAN
KULIT DURIAN (*Durio Zibethinus*)**

***ADSORPTION OF LAUNDRY WASTEWATER POLLUTANS
WITH A MIXTURE OF PDAM SLUDGE AND DURIAN PEEL
ADSORBENT (*Durio Zibethinus*)***

**Ibrahim Ibrahim^{1*}, Waryati Waryati¹, Dwi Ermawati Rahayu¹, Tamrin
Tamrin², Rizki Andri Ahmad Aditya¹**

¹Department of Environmental Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University
Jl. Sambaliung No. 9, Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia

²Department of Civil Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University
Jl. Sambaliung No. 9, Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia

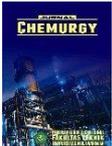
*email : ibrah.ibrahim@ft.unmul.ac.id

(Received: 2025 06, 06; Reviewed: 2025 06, 06; Accepted: 2025 06, 23)

Abstrak

Kadar fosfat dan surfaktan yang tinggi akan menyebabkan pertumbuhan organisme yang cepat dan dapat mengakibatkan penipisan oksigen terlarut, menurunkan kualitas lingkungan perairan dan membahayakan bagi biota. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan untuk mengolah air limbah *laundry* adalah proses adsorpsi. Pengolahan air limbah *laundry* yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan adsorben dari kulit durian dan adsorben dari lumpur PDAM. Penelitian tentang adsorben ini berkaitan dengan suhu karbonisasi, aktivator kimia, kecepatan pengadukan, dan waktu kontak adsorben terhadap air limbah *laundry*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas adsorben kulit durian, lumpur PDAM, dan campuran dari keduanya dalam menurunkan polutan dalam air limbah laundry terutama fosfat dan surfaktan. Adsorben yang telah dibuat, kemudian diuji karakteristik yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar volatil, karbon murni, daya serap iod, luas permukaan dan pori-pori spesifik. Variasi yang digunakan adalah waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit dan jenis adsorben kulit durian, lumpur PDAM, dan campuran dari kedua adsorben. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben kulit durian dan lumpur PDAM memenuhi SNI 06-3730-1995 karakteristik adsorben, kecuali daya serap iod tidak memenuhi. Waktu kontak adsorben kulit durian paling efektif menurunkan kadar fosfat dan surfaktan adalah 15 menit. Waktu kontak adsorben lumpur PDAM dan campuran dari kedua adsorben paling efektif menurunkan kadar fosfat adalah 15 menit dan pada kadar surfaktan adalah 45 menit. Penelitian lanjutan yang bisa dilakukan yaitu membuat adsorben pada suhu yang berbeda dari penelitian ini.

Kata Kunci: Adsorben, Kulit Durian, Lumpur PDAM, Air Limbah Laundry

	<h1>JURNAL CHEMURGY</h1> <p>E-ISSN 2620-7435</p> <p>Available online at http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK</p>	 <p>SINTA Accreditation No. 152/E/KPT/2023</p>
---	---	---

Abstract

High levels of phosphates and surfactants will cause rapid organism growth, which can lead to dissolved oxygen depletion, reduce water environment quality, and be harmful to biota. One of the treatments that can be performed to process laundry wastewater is the adsorption process. The wastewater treatment conducted in this study uses adsorbents from durian peels and PDAM sludge. Research about the adsorbents is related to the carbonization temperature, chemical activator, stirring speed, and contact time of the adsorbents with the laundry wastewater. This study aims to determine the effectiveness of durian peel adsorbent, PDAM sludge, and a mixture both of adsorbents. The adsorbents that have been made were tested for characteristics such as moisture content, ash content, volatile matter, pure carbon, iodine absorption, surface area, and specific pores. The variations used were contact times of 15, 30, 45, and 60 minutes and types of adsorbents: durian peel, PDAM sludge, and a mixture both of adsorbents. The results showed that durian skin and PDAM sludge adsorbents meet the SNI 06-3730-1995 adsorbent characteristics, except that iodine absorption did not meet. The most effective contact time of durian peel adsorbent in reducing phosphate and surfactant levels was 15 minutes. The most effective contact time of PDAM sludge adsorbent and a mixture of the two adsorbent in reducing phosphate levels is 15 minutes, and for surfactant, it is 45 minutes. Further research that can be done is to make adsorbents at different temperatures from this study.

Keywords: Adsorbent, Phosphate, Surfactant, Durian Skin, PDAM Sludge, Laundry Wastewater

1. PENDAHULUAN

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) menggunakan instalasi pengolahan air (IPA) yang mengolah air baku menjadi air minum. Pengolahan air baku menjadi air minum dilakukan dengan kombinasi pengolahan fisik kimia seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi yang membutuhkan bahan kimia koagulan alum sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), sehingga menghasilkan limbah lumpur PDAM (Adityosulindro et al., 2020) Limbah lumpur yang tidak ditangani dengan tepat dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, salah satunya yaitu kerusakan tanah dan air tanah, hal ini disebabkan limbah lumpur terakumulasi secara kontinyu dalam badan air, tumbuhan dan berakhir pada manusia (Siswoyo et al., 2022).

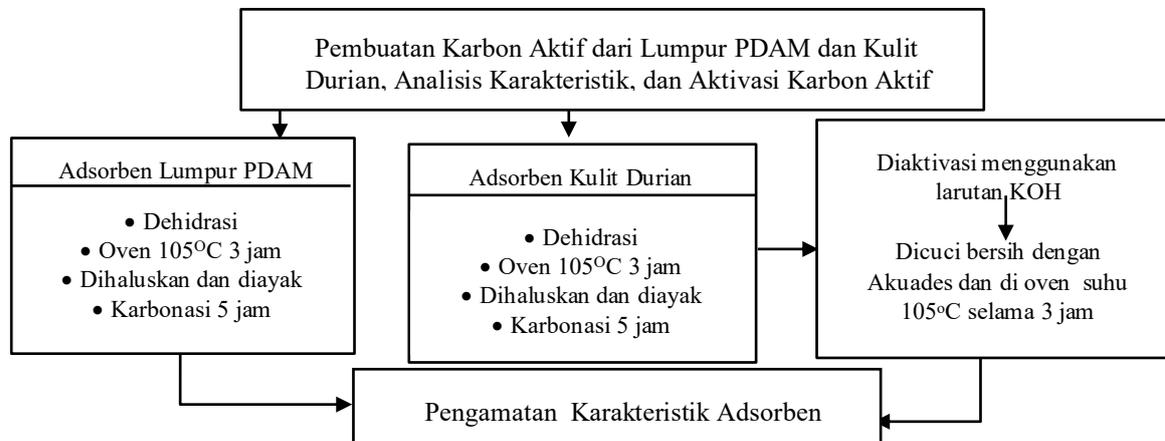
Lumpur PDAM adalah limbah padat yang populer dari penyediaan air dan pengolahan air limbah. Menggunakan lumpur sebagai adsorben untuk polutan dianggap sebagai alternatif yang potensial (Gani et al., 2023). Aluminium dalam lumpur PDAM dapat digunakan sebagai adsorben/karbon aktif untuk menghilangkan fosfor dari air limbah. Lumpur PDAM berpotensi menjadi adsorben/karbon aktif yang baik untuk fosfat dalam air limbah (Muisa et al., 2020). Kulit durian mengandung 60,45% selulosa 13,09% hemiselulosa, dan 15,45% lignin. Kandungan selulosa yang tinggi memungkinkan kulit durian diubah menjadi produk yang lebih bermanfaat seperti karbon aktif. Selulosa berpotensi dalam proses adsorpsi dan memiliki situs aktif seperti gugus hidroksil (OH-) yang dapat dengan mudah membentuk serangkaian reaksi kimia dan melakukan pengikatan dengan senyawa kation dan anion (Handayani & , 2017). Oleh karena itu, penelitian tentang pencampuran lumpur PDAM dengan kulit durian ini baik untuk dilakukan sebagai pemanfaatan kembali limbah lumpur dari proses pengolahan di PDAM dengan konsep *waste for waste* dan pemanfaatan kulit durian sebagai sumber daya alternatif yang berpotensi menjadi solusi bagi permasalahan lingkungan.

2. METODOLOGI

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian meliputi pengambilan air sampel, pembuatan adsorben, dan pengujian kualitas air serta adsorben. Pengambilan air sampel akan dilakukan disalah satu usaha/kegiatan *laundry* di Kota Samarinda, yang beralamat di Jalan Perjuangan, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Pengambilan bahan adsorben kulit durian akan dilakukan di took penjual buah durian yang terletak di Jalan Cendana, Sungai Kunjang, Kota Samarinda. Pengambilan bahan adsorben lumpur PDAM akan dilakukan di PDAM yang terletak di Jalan Jakarta, Kelurahan Loa Bakung, Kecamatan Sungai Kunjang, Kota Samarinda. Pembuatan adsorben, dan pengujian kualitas air serta adsorben dilakukan di Laboratorium Teknologi Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur, Kota Samarinda, PT. Global Environment Laboratory di Jl. Poros Samarinda – Bontang, Gg. 16 No.77 RT.006, Kelurahan Lempake, Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda, dan Laboratorium Terpadu Institut Teknologi kalimantan, Karang Joang, Balikpapan.

2.2 Persiapan Pembuatan Adsorben

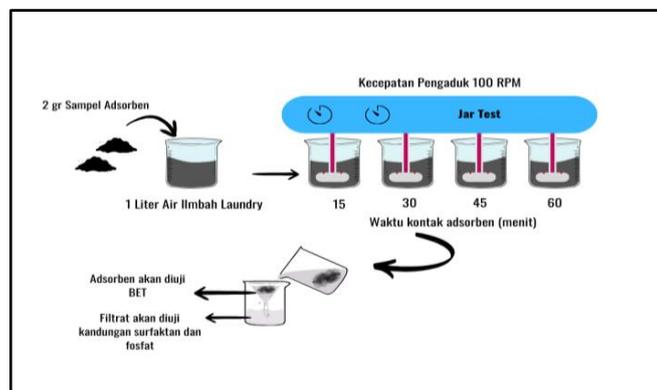


Gambar 1. Persiapan Pembuatan Adsorben

2.3 Analisis Karakteristik Adsorben

Adsorben perlu diuji terlebih dahulu untuk mengetahui apakah adsorben telah terbentuk dan berfungsi dengan baik, setelah mengalami beberapa proses, adsorben yang telah selesai dibuat akan diuji untuk mengetahui karakteristik dengan penentuan kadar air, kadar abu, kadar penyerapan iodin, karbon murni, kadar volatil, karakteristik permukaan dan pori-porinya.

2.4 Tahap Adsorpsi



Gambar 2. Tahapan Adsorpsi

2.5 Tahap Pengujian Parameter

Pengujian parameter meliputi dua parameter, yaitu surfaktan dan fosfat. Pada pengujian parameter zat warna dilakukan pengukuran kadar surfaktan sesuai dengan SNI 06-6989.51-2005 dan pada pengukuran kadar fosfat sesuai dengan SNI 6989-31:2021.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Proksimat Adsorben

Pada penelitian ini dilakukan uji proksimat karakterisasi karbon kulit pisang dan lumpur PDAM berupa kadar air, kadar abu, kadar volatil, karbon murni, dan daya serap iod dengan tujuan untuk mengetahui dan membandingkan kualitas adsorben kulit d dan lumpur PDAM. Berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995, hasil uji karakterisasi dua adsorben tersebut sebagai berikut.

Tabel 3.1 Hasil Uji Karakterisasi Adsorben

No.	Parameter	SNI 06-3730-1995	Jenis Adsorben	
			Kulit Durian	Lumpur PDAM
1.	Kadar Air (%)	Maks. 15	3,05	0,75
2.	Kadar Abu (%)	Maks. 10	8,73	9,58
3.	Kadar Volatil (%)	Maks. 25	22,33	25
4.	Karbon Murni (%)	Min. 65	65	65,45
5.	Daya Serap Iod (mg/g)	Min. 750	736,19	397,62

Hasil uji karakterisasi adsorben dari lima jenis pengujian mulai dari kadar air, kadar abu, kadar volatil, karbon murni, dan daya serap iod, dapat dikatakan bahwa adsorben kulit durian dan adsorben lumpur PDAM merupakan adsorben yang baik, karena hasil uji menunjukkan empat dari lima karakteristik memenuhi standar nasional Indonesia SNI 06-3730-1995. Daya serap iod yang tidak memenuhi SNI Hal ini bisa terjadi dikarenakan lama waktu saat mengaktivasi adsorben kulit durian hanya dilakukan selama 3 jam dengan larutan KOH 0,5 N. Daya adsorpsi iod ≤ 750 mg/g dapat mengakibatkan proses adsorpsi terhadap adsorbat tidak optimal dan menyebabkan penurunan kualitas luas permukaan dan pori-pori (Siswoyo et al., 2022).

3.2 Hasil Uji Karakterisasi Luas Permukaan BET (*Braunear, Emmelt, dan Teller*)

Adsorben kulit durian dan lumpur PDAM diketahui ukuran luas permukaan dan porinya melalui uji permukaan adsorben menggunakan metode BET. Adsorben kulit durian memiliki luas permukaan sebesar 2,89577 m²/g sebelum mengadsorpsi fosfat dan surfaktan pada limbah *laundry*, setelah adsorben kulit durian mengadsorpsi fosfat dan surfaktan menjadi 1,12395 m²/g. Luas pori awal sebesar 0,005319 cc/g menjadi 0,012474 cc/g. Adsorben lumpur PDAM memiliki luas permukaan ataupun porinya akan semakin kecil setelah proses adsorpsi. Adsorben lumpur PDAM memiliki luas permukaan awal yang cukup luas yaitu 6,61385 m²/g dan luas ini mengecil menjadi 1,74303 m²/g, sedangkan luas pori awalnya yang sebesar 0,018587 cc/g menjadi 0,010031 cc/g. Proses adsorpsi yang dilakukan mengakibatkan terjadi penurunan luas permukaan dan luas pori dari adsorben yang digunakan, hal ini dikarenakan volume pori yang sebelumnya lebih luas atau kosong, setelah proses adsorpsi pori tersebut terisi dengan adsorbat yang terjerap adsorben, dalam hal ini adsorbatnya berupa fosfat dan surfaktan.

Tabel 3.2 Perbandingan Luas Permukaan dan Volume Pori Adsorben

Adsorben		Luas Permukaan	Volume Pori	Rata-Rata Radius Pori
Adsorben Kulit Durian	Sebelum Adsorpsi	2,89577 m ² /g	0,005319 cc/g	3,6738 nm
	Setelah Adsorpsi	1,12395 m ² /g	0,012474 cc/g	2,2197 nm
Adsorben Lumpur PDAM	Sebelum Adsorpsi	6,61385 m ² /g	0,018587 cc/g	5,6205 nm
	Setelah Adsorpsi	1,74303 m ² /g	0,010031 cc/g	1,1510 nm

3.3 Karakteristik Limbah Laundry

Penelitian yang dilakukan berfokus pada 2 parameter yang akan diuji yaitu fosfat dan surfaktan. Fosfat adalah salah satu bahan kimia yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas air yaitu ion fosfat. Surfaktan adalah bahan dasar deterjen untuk menciptakan busa. Kadar fosfat dan surfaktan yang tinggi dapat mengakibatkan kandungan oksigen terlarut dalam air menipis dan merangsang pertumbuhan alga. Pada tabel diketahui kadar fosfat yaitu 71,3 mg/L dan surfaktan 11337 mg/L yang berarti kadar tersebut melebihi baku mutu yang telah ditentukan PermenLH No. 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Kadar Fosfat dan Surfaktan Limbah Laundry

Parameter	Kadar (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
Fosfat	71,3	2
Surfaktan	11337	3

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor 05 Tahun 2014

3.4 Analisis Parameter Limbah Laundry pada Pengolahan Adsorpsi Adsorben Kulit Durian, Lumpur PDAM, dan Campuran.

Parameter limbah laundry yang akan diolah dengan metode adsorpsi adalah kandungan fosfat dan surfaktan (MBAS) menggunakan adsorben kulit durian, lumpur PDAM, dan campuran kulit durian dengan lumpur PDAM. Pengukuran kandungan fosfat dilakukan sesuai dengan SNI 06-6989.31-2005 Air dan Air Limbah-Bagian 31: Cara pengukuran digunakan spektrofotometer secara asam askorbat dalam contoh air dan air limbah pada kisaran kadar air 0,01 mg P/L sampai dengan 1,0 mg P/L pada panjang gelombang 880 nm. Pengukuran kandungan surfaktan dilakukan sesuai dengan SNI 06-6989.51-2005 Air dan Air Limbah-Bagian 51: Cara pengukuran digunakan spektrofotometer dengan kisaran kadar 0,025 mg/L sampai 2,0 mg/L pada panjang gelombang 652 nm

Tabel 3.4 Hasil Adsorpsi Parameter Fosfat

Fosfat (mg/L)	Waktu Kontak (menit)	Pengulangan	Adsorben Kulit Durian		Adsorben Lumpur PDAM		Adsorben Campuran	
			Fosfat (mg/L)	Efisiensi (%)	Fosfat (mg/L)	Efisiensi (%)	Fosfat (mg/L)	Efisiensi (%)
71,3	15 Menit	1	43,7	39%	54,5	24%	53,3	25%
		2	51,1	28%	38,8	46%	49,8	30%
		\bar{x}	47,4	34%	46,6	35%	51,5	28%
	30 Menit	1	47,7	33%	47,7	2%	53,1	26%
		2	58,6	18%	52,9	26%	59,3	17%
		\bar{x}	53,1	26%	50,3	14%	56,2	22%
	45 Menit	1	54	24%	55,7	22%	48,6	32%
		2	55,8	22%	55,8	20%	52,1	27%
		\bar{x}	54,9	23%	55,75	21%	50,35	30%
	60 Menit	1	56	21%	55,1	23%	60,1	16%
		2	57	21%	56,2	21%	53,2	25%
		\bar{x}	56,5	21%	55,65	22%	56,65	21%
Rata-rata Total			52,9	26%	52,09	23%	53,69	25%

Adsorben yang paling efektif untuk menyerap kadar fosfat dalam air limbah adalah adsorben lumpur PDAM dengan rata-rata efisiensi 35% dan rata-rata kadar fosfat 46,6 mg/L. Menurut Permen LHK nomor 5 tahun 2014 dalam kegiatan laundry memiliki nilai batas maksimum untuk kandungan fosfat pada air limbah yaitu 2 mg/L.

Hasil yang diperoleh belum memenuhi nilai batas maksimum untuk kandungan fosfat, sehingga membutuhkan adanya pengolahan lebih lanjut untuk mengoptimalkan kandungan fosfat dalam air limbah mencapai nilai yang telah ditetapkan. Efisiensi adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat menurun seiring bertambahnya waktu kontak sudah mencapai keadaan jenuh dimana arang aktif sudah tidak dapat menyerap adsorbat. Adsorbat yang terlepas kembali dari permukaan adsorben disebabkan terjadinya proses adsorpsi yang bersifat *reversible*, karena terbentuk ikatan lemah antara

adsorben dengan adsorbat sehingga adsorbat dapat terlepas kembali ke dalam larutan pada waktu kontak yang terlalu lama atau kemungkinan disebabkan karena jumlah ion fosfat dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel adsorben yang tersedia (Maylani dkk., 2023).

Tabel 3.5 Hasil Adsorpsi Parameter Surfaktan

Surfaktan (mg/L)	Waktu Kontak (menit)	Pengulangan	Adsorben Kulit Durian		Adsorben Lumpur PDAM		Adsorben Campuran	
			Surfaktan	% Efisiensi	Surfaktan	% Efisiensi	Surfaktan	% Efisiensi
11337	15 Menit	1	9995	12%	9605	15%	3760	67%
		2	5825	49%	1190	90%	5795	49%
		\bar{x}	7910	31%	5397.5	53%	4777.5	58%
	30 Menit	1	1635	86%	8400	26%	6838	40%
		2	2493	78%	4555	60%	2040	82%
		\bar{x}	2064	82%	6477.5	43%	4439	61%
	45 Menit	1	790	93%	2035	82%	3335	71%
		2	5220	77%	6430	43%	5220	54%
		\bar{x}	3005	85%	4232.5	63%	4277.5	63%
	60 Menit	1	5385	53%	6340	44%	9345	18%
		2	3425	56%	3425	70%	5645	50%
		\bar{x}	4405	55%	4882.5	57%	7495	34%
Rata-rata Total			4664,1	63%	5091,88	54%	5247,25	54%

Adsorben yang paling efektif untuk menurunkan kadar surfaktan adalah adsorben kulit durian dengan efisiensi 85% dan menurunkan kadar awal surfaktan 11337 mg/L menjadi rata-rata sebesar 3005 mg/L. Menurut Permen LHK nomor 5 tahun 2014 dalam kegiatan laundry memiliki nilai batas maksimum untuk kandungan surfaktan pada air limbah yaitu 3 mg/L. Hasil yang diperoleh belum memenuhi nilai batas maksimum untuk kandungan surfaktan, sehingga membutuhkan adanya pengolahan lebih lanjut untuk mengoptimalkan kandungan surfaktan dalam air limbah mencapai nilai yang telah ditetapkan. Pengaruh waktu kontak pada efisiensi penurunan kadar surfaktan adalah jumlah molekul adsorben tidak sebanding dengan molekul adsorbat sehingga semakin lama adsorben berkontak dengan adsorbat akan mencapai titik jenuh sehingga tidak bisa mengikat atau menyerap lagi (Irawaty et al., 2021).

Proses adsorpsi dapat dinyatakan dalam persamaan isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi digunakan untuk mengetahui mekanisme penjerapan oleh adsorben dengan melihat jumlah molekul-molekul adsorbat yang dapat terjerap oleh pori-pori adsorben saat proses adsorpsi. Model isoterm *Freundlich* dan isoterm *Langmuir* merupakan model adsorpsi yang umum digunakan (Handayani & , 2017).

3.5 Parameter Fosfat

3.5.1 Isoterm *Langmuir*

Perbandingan adsorben kulit durian, lumpur PDAM, dan adsorben campuran antara kulit durian dan lumpur PDAM masing-masing sudah dimasukkan kedalam persamaan *Langmuir* untuk diketahui besar kapasitas adsorpsi maksimum (q_{max}) adsorben yang digunakan dan besarnya kecenderungan adsorben dalam menyerap kadar fosfat (K_L) (Miri & Narimo, 2022) yang digambarkan sebagai berikut:

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{max} K_L} \times \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_{max}} \tag{1}$$

Selanjutnya dijelaskan bahwa q adalah besarnya adsorbat yang diadsorpsi (mg/g), C_e menyatakan kadar sisa polutan yang belum teradsorpsi dalam larutan pada saat setimbang (mg/L)

Tabel 3.6 Perbandingan Ketiga Jenis Adsorben Mengadsorpsi Fosfat dengan Isoterm *Langmuir*

Persamaan <i>Langmuir</i>	Adsorben Kulit Durian	Adsorben Lumpur PDAM	Adsorben Campuran
q_{max} (mg/g)	2,594707	2,644803	2,139953
K_L	0,026799	0,027041	0,024876

Dari ketiga adsorben, jika dilihat dari besarnya kapasitas adsorpsi maksimumnya, adsorben lumpur PDAM memiliki kapasitas maksimum paling besar dibanding dua adsorben lainnya, nilai kapasitas maksimum adsorben lumpur PDAM dalam mengadsorpsi kadar fosfat mencapai 2.644803 mg/g. adsorben kulit durian dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 2,594707 mg/g dan adsorben campuran memiliki kapasitas adsorpsi paling kecil yaitu 2,139953 mg/g. Semakin besar nilai K_L maka semakin besar afinitas adsorben dalam menyerap polutannya. Dapat dilihat bahwa adsorben lumpur PDAM juga menjadi adsorben dengan kecenderungan adsorpsi paling tinggi, dan dapat disimpulkan bahwa adsorben lumpur PDAM memiliki kekuatan untuk menyerap kadar fosfat paling besar dibanding adsorben lainnya.

3.5.2 Isoterm *Freundlich*

Membandingkan adsorben kulit durian, lumpur PDAM, dan campuran antara keduanya dilakukan dengan menggunakan model isotermis *Freundlich* (Radwan et al., 2021) untuk menentukan kapasitas adsorpsi (K_F) dan nilai n yang menunjukkan tingkat heterogenitas permukaan adsorben dalam bentuk

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (2)$$

Sedangkan q_e menunjukkan besarnya zat yang teradsorpsi pada kondisi setimbang (mg/g), dan C_e adalah konsentrasi polutan yang tersisa pada saat terjadi kesetimbangan (mg/L)

Tabel 3.7 Perbandingan Ketiga Jenis Adsorben Mengadsorpsi Fosfat dengan Isoterm *Freundlich*

Persamaan <i>Langmuir</i>	Adsorben Kulit Durian	Adsorben Lumpur PDAM	Adsorben Campuran
K_F	354690,19	305590,11	165613,74
n	0,39009	0,3803	0,327525

Dari ketiga adsorben, jika dilihat dari besarnya kapasitas adsorpsi maksimumnya, adsorben kulit durian memiliki kapasitas maksimum paling besar dibanding adsorben lainnya, nilai kapasitas maksimum adsorben kulit durian dalam mengadsorpsi kadar fosfat mencapai 354690,19 mg/g. adsorben lumpur PDAM dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 305590,11 mg/g dan adsorben campuran memiliki kapasitas adsorpsi paling kecil yaitu 165613,74 mg/g. Nilai n yang menunjukkan angka lebih dari 1 menunjukkan bahwa adsorpsi bersifat kooperatif, dan pada penyerapan fosfat menggunakan isoterm *Freundlich* ini, adsorben kulit durian memiliki nilai n paling besar nilai n yaitu 0,39009. Mekanisme isoterm *Freundlich* menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi secara fisika karena ikatan antara adsorben dan adsorbat disebabkan oleh gaya Van der Waals sehingga ikatan yang terbentuk tidak akan terlalu kuat. Persamaan *Freundlich* menandakan adsorpsi *multilayer* yang terjadi pada permukaan heterogen (Gani et al., 2023).

3.6 Parameter Surfaktan

3.6.1 Isoterm *Langmuir*

Perbandingan adsorben kulit durian, lumpur PDAM, dan adsorben campuran antara kulit durian dan lumpur PDAM masing-masing sudah dimasukkan kedalam persamaan *Langmuir* untuk diketahui besar kapasitas adsorpsi maksimum (q_{max}) adsorben yang digunakan dan besarnya kecenderungan adsorben dalam menyerap kadar fosfat (K_L).

Tabel 3.8 Perbandingan Ketiga Jenis Adsorben Mengadsorpsi Fosfat dengan Isoterm *Langmuir*

Persamaan <i>Langmuir</i>	Adsorben Kulit Durian	Adsorben Lumpur PDAM	Adsorben Campuran
q_{max} (mg/g)	1666,66	1666,66	1250
K_L	0,0006497	0,000381	0,0003241

Dari ketiga adsorben, jika dilihat dari besarnya kapasitas adsorpsi maksimumnya, adsorben kulit durian dan lumpur PDAM memiliki kapasitas maksimum paling besar dibanding adsorben lainnya, nilai kapasitas maksimum adsorben lumpur PDAM dalam mengadsorpsi kadar fosfat mencapai 1666,66 mg/g. adsorben kulit durian dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1666,66 mg/g

dan adsorben campuran memiliki kapasitas adsorpsi paling kecil yaitu 1250 mg/g. Semakin besar nilai K_L maka semakin besar kecenderungan adsorben dalam menyerap polutannya. Dapat dilihat bahwa adsorben lumpur PDAM juga menjadi adsorben dengan kecenderungan adsorpsi paling tinggi, dan dapat disimpulkan bahwa adsorben kulit durian memiliki kekuatan untuk menyerap kadar surfaktan paling besar dibanding adsorben lainnya. Model isoterm *Freundlich* mengemukakan adsorpsi multilapis pada situs adsorben heterogen, di mana molekul yang teradsorpsi saling berinteraksi secara aktif (Siswoyo et al., 2022).

3.6.2 Isoterm *Freundlich*

Perbandingan adsorben kulit durian, lumpur PDAM, dan adsorben campuran antara kulit durian dan lumpur PDAM masing-masing sudah dimasukkan kedalam persamaan *Freundlich* untuk diketahui besar kapasitas adsorpsi (K_F) dan nilai n yang menunjukkan tingkat heterogenitas permukaan adsorben yang menandakan kualitas adsorben.

Tabel 3.9 Perbandingan Ketiga Jenis Adsorben Mengadsorpsi Surfaktan dengan Isoterm *Freundlich*

Persamaan <i>Langmuir</i>	Adsorben Kulit Durian	Adsorben Lumpur PDAM	Adsorben Campuran
K_F	1531870	1666,66	1250
n	1,34192	0,000381	0,0003241

Dari ketiga adsorben, jika dilihat dari besarnya kapasitas adsorpsi maksimumnya, adsorben kulit durian memiliki kapasitas maksimum paling besar dibanding adsorben lainnya, dimana kapasitas maksimum adsorben kulit durian dalam mengadsorpsi kadar fosfat mencapai 1531870 mg/g. adsorben lumpur PDAM dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1666,66 mg/g dan adsorben campuran memiliki kapasitas adsorpsi paling kecil yaitu 1250 mg/g. Nilai n yang menunjukkan angka lebih dari 1 menunjukkan bahwa adsorpsi bersifat kooperatif, dan pada penyerapan fosfat menggunakan isoterm *Freundlich* ini, adsorben kulit durian memiliki nilai n paling besar nilai n yaitu 1,34192. Persamaan *Freundlich* didasarkan atas terbentuknya lapisan dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben, namun pada adsorpsi *Freundlich* situs-situs aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen (Adityosulindro et al., 2020).

4. KESIMPULAN

- Adsorben kulit durian paling efektif mereduksi fosfat pada waktu kontak 15 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 34% dan efisiensi terkecil yaitu pada waktu kontak 60 menit sebesar 21%. Sedangkan untuk surfaktan pada waktu kontak 45 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 85% dan efisiensi penyisihan terkecil yaitu pada waktu kontak 15 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 31%..
- Adsorben Lumpur PDAM memiliki efisiensi penyisihan pada waktu kontak 15 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 35% dan efisiensi terkecil yaitu pada waktu kontak 30 menit sebesar 14%. Sedangkan untuk surfaktan pada waktu kontak 45 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 63% dan efisiensi penyisihan terkecil yaitu pada waktu kontak 30 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 43%.
- Adsorben campuran antara adsorben kulit durian dan adsorben lumpur PDAM memiliki efisiensi penyisihan pada waktu kontak 45 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 30% dan efisiensi terkecil yaitu pada waktu kontak 30 menit sebesar 22%. Sedangkan untuk surfaktan pada waktu kontak 45 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 63% dan efisiensi penyisihan terkecil yaitu pada waktu kontak 60 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 34%.
- Variasi kontak waktu adsorben yang optimal adalah 15 menit dan 45 menit. Variasi kontak waktu optimal untuk menyisihkan kadar fosfat adalah 15 menit dengan efisiensi terbesar yaitu 35%. Variasi kontak waktu optimal untuk menyisihkan kadar surfaktan adalah 45 menit dengan efisiensi terbesar yaitu 85%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityosulindro, S., Rochmatia, N. H., Hartono, D. M., & Moersidik, S. S. (2020). Evaluasi Kualitas dan Kuantitas Lumpur Alum dari Instalasi Pengolahan Air Minum Citayam. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 157–164. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.4049>
- Gani, R., Novianty, I., & Nurahma, A. (2023). Pemanfaatan Arang Aktif Dari Kulit Durian Otong (*Durio Zibethinus*) Sebagai Adsorben Minyak Jelantah. *Jurnal Saintiskom*, 1(1), 18–26.
- Handayani, Rd. S., & , I. (2017). Analisis Keragaman Kualitas Buah Durian Unggulan (*Durio zibethinus*) Aceh Utara. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(3), 147–154. <https://doi.org/10.29244/jhi.8.3.147-154>
- Irawaty, I., Rasyid, R., & Suryanto, A. (2021). Efektivitas Adsorpsi Fosfat Pada Limbah Laundry Dengan Menggunakan Packed Coloum. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 16(1), 11–15. <https://doi.org/10.47398/iltek.v16i1.585>
- Maylani, W., Ismiyati, & Yustinah. (2023). Efektivitas Adsorben Arang Aktif Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan Konsentrasi Pewarna Naphtol Limbah Cair Batik. 15(2). <https://doi.org/10.24853/jurtek.15.2.247-256>
- Miri, N. S., & Narimo. (2022). Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. *JURNAL KIMIA DAN REKAYASA*, 2(2), 58–71. <https://doi.org/10.31001/jkireka.v2i2.36>
- Muisa, N., Nhapi, I., Ruziwa, W., & Manyuchi, M. M. (2020). *Utilization of alum sludge as adsorbent for phosphorus removal in municipal wastewater: A review*. *Journal of Water Process Engineering*, 35(February), 101187. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101187>
- Radwan, O. H., Ahmed, M. A., & Mohamed, A. A. (2021). *An Eggshell Hydroxyapatite - Graphene Oxide Nanocomposite For The Removal Of Heavy Metals From Waste Water*. *Journal of Environmental Sciences (JES)*, 50(2), 1–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.21608/jes.2021.180173>
- Siswoyo, E., Prayitno, A. H., & Rahma, N. S. (2022). Paving Block Ramah Lingkungan Berbasis Lumpur dari Instalasi Pengolahan Air Minum. *Jurnal Permukiman*, 17(1), 9. <https://doi.org/10.31815/jp.2022.17.9-15>