



## **PENURUNAN KADAR FOSFAT DALAM AIR LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN KULIT JENGKOL SEBAGAI ADSORBEN**

**Dias Eka Pranata**  
[diasekapranata@gmail.com](mailto:diasekapranata@gmail.com)  
**Universitas Malahayati**

### **Abstrak**

Pertumbuhan dan perkembangan penduduk pada era globalisasi banyak mengakibatkan usaha-usaha mulai muncul yang didirikan masyarakat, salah satu usaha ialah jasa pencucian laundry. Limbah cair dari usaha pencucian pakaian banyak mengandung fosfat yang bersifat toksik dan dapat menyebabkan eutrofikasi air, oleh sebab itu perlu pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan, salah satu metode yang dapat diterapkan ialah adsorpsi. Adsorben kimia kerap menimbulkan efek samping pada lingkungan oleh sebab itu perlu dikembangkan adsorben alami dari biomassa yang ada di lingkungan itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar fosfat dalam air limbah laundry buatan menggunakan kulit jengkol sebagai adsorben. Penelitian ini menggunakan metode batch, adsorpsi secara batch akan memberikan gambaran kemampuan dari adsorben dengan cara mengontakkannya dengan larutan adsorbat dalam suatu wadah selama selang waktu tertentu tanpa ada aliran masuk dan keluar dari sistem. Hasil penelitian yaitu pada kecepatan adsorpsi adsorben arang aktif sebesar 2 gram pada waktu 5-10 menit didapat kecepatan adsorpsi sebesar 0,516 mg/l/menit, pada kecepatan adsorpsi adsorben arang aktif sebesar 3 gram pada waktu 0-5 menit didapat kecepatan adsorpsi sebesar 0,774 mg/l/menit, dan pada kecepatan adsorpsi adsorben arang aktif 4 gram pada waktu 0-5 menit didapat kecepatan adsorpsi sebesar 1,248 mg/l/menit. Semakin banyak adsorben semakin baik penurunan konsentrasi fosfat.

**Kata kunci:** Laundry, Adsorpsi, Metode Batch.

### **Abstract**

*The growth and development of the population in the era of globalization has resulted in many businesses starting to emerge that are founded by the community, one of the businesses is laundry cleaning services. Liquid waste from clothes washing businesses contains a lot of phosphate which is toxic and can cause eutrophication of water, therefore it needs to be treated first before being discharged into the environment. One method that can be applied is adsorption. Chemical adsorbents often cause side effects on the environment, therefore it is necessary to develop natural adsorbents from biomass in the environment itself. This research aims to determine the reduction in phosphate levels in artificial laundry wastewater using jengkol peel as an adsorbent. This research uses the batch method, batch adsorption will provide an overview of the capabilities of the adsorbent by contacting it with the adsorbate solution in a container for a certain time interval without any flow in and out of the system. The results of the research were that at an adsorption speed of activated charcoal adsorbent of 2 grams at 5-10 minutes, the adsorption speed was 0.516 mg/l/minute, at an activated charcoal adsorbent adsorption speed of 3 grams at 0-5 minutes, the adsorption speed was 0.774 mg. /l/minute, and at an adsorption speed of 4 grams of activated charcoal adsorbent at 0-5 minutes, the adsorption speed was 1.248 mg/l/minute. The more adsorbent the better the reduction in phosphate concentration.*

*Keywords: Laundry, Adsorption, Batch Method*

## **PENDAHULUAN**

Pertumbuhan dan perkembangan penduduk pada era globalisasi saat ini mengakibatkan perekonomian masyarakat menjadi berkembang dengan pesat. Perkembangan ini mengakibatkan banyak usaha-usaha mulai muncul yang didirikan oleh masyarakat, salah satu usaha yang banyak ditemui adalah jasa pencucian pakaian yang komersial yaitu laundry. Semakin banyak usaha laundry yang berkembang maka semakin banyak pula limbah yang dihasilkan (Kurniyati et al., 2015).

Limbah laundry yang dibuang ke perairan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu akan mengakibatkan pencemaran, karena limbah yang dihasilkan oleh laundry bersifat toksik. Detergen yang dihasilkan oleh limbah laundry berpotensi mengakibatkan bahaya diantaranya jika didalam air akan terbentuk lapisan film yang berpotensi menurunkan tingkat transfer dalam air, beberapa gangguan kesehatan. Jika dalam detergen terjadi kombinasi antara polifosfat dengan surfaktan akan meningkatkan kandungan fosfat dalam air meningkat maka menimbulkan eutrofikasi dalam air (Santi, 2009).

Fosfat dalam limbah laundry berfungsi sebagai zat builders yang akan meningkatkan efisiensi dari surfaktan dengan cara menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air, selain itu fosfat dapat bereaksi dengan minyak dan lemak sehingga noda yang muncul dapat dihilangkan. Fosfat dapat menyebabkan sejumlah masalah ekologi dan dapat berpotensi mencemari sungai. Kandungan fosfat yang berlebih didalam air dapat menyebabkan eutrofikasi (pengkayaan nutrien) yang dapat memicu pertumbuhan tak terkendali dari alga (ganggang) yang dapat menutup permukaan air. Selain itu, fosfat dalam air dapat mengganggu pertumbuhan organisme air sehingga dapat menghalangi terjadinya proses fotosintesis. Alga yang tumbuh juga dapat mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam air sehingga dapat mengakibatkan organisme dalam air mati dalam keadaan mencerna (Khoirul, 2019).

Kulit jengkol mengandung selulosa, hemiselulosa, serta kandungan bahan lain yang didalamnya terdapat nitrogen, karbon, hidrogen, dan oksigen. Senyawa tersebut mengandung gugus hidroksil dan gugus karboksil yang dapat mengikat polutan (Tanasal, La, dan Taba, 2014), sehingga kulit jengkol berpotensi menjadi adsorben.

## **METODE**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen atau percobaan yaitu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh satu variabel. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adsorben kulit jengkol untuk menurunkan fosfat pada air limbah laundry. Tempat penelitian atau percobaan dilakukan di PT. Adhya Tirta Lampung. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakteristik Awal Air Limbah Laundry**

Karakteristik limbah laundry yang diamati adalah fosfat. Pengolahan limbah cair perlu dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan beban pencemar sehingga tidak melebihi baku mutu yang telah diizinkan. Metode batch merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi beban pencemar pada limbah cair laundry.

### **Penurunan Fosfat Pada Limbah Laundry Buatan Menggunakan Adsorben Arang Aktif 2 Gram.**

Hasil penelitian menggunakan media adsorben arang aktif dengan berat 2 gram pada air limbah laundry pada Tabel 4.1.

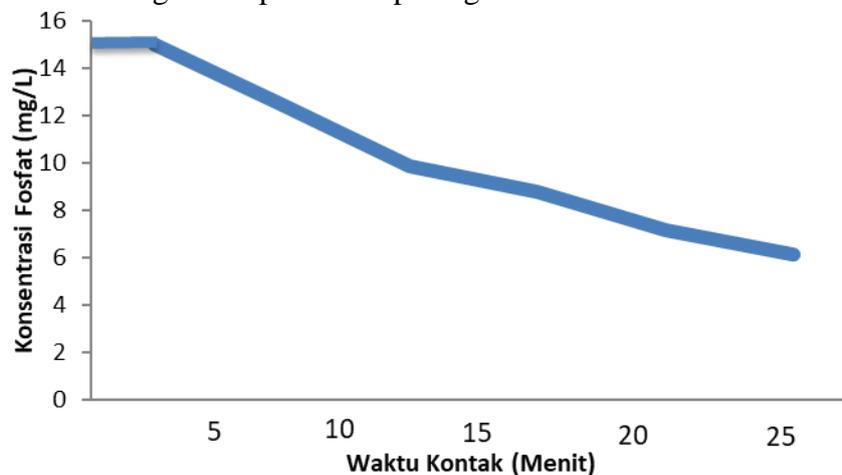
No	Waktu	Konsentr	Konsentras	Kemampuan
----	-------	----------	------------	-----------

	<b>Kontak</b> (Menit)	<b>asi Awal</b> (mg/L)	<b>i Fosfat</b> Fosfat (mg/L)	<b>Adsorpsi</b> (mg/L)
<b>1.</b>	0	15,00	-	-
<b>2.</b>	5	15,00	12,47	2,53
<b>3.</b>	10	15,00	9,84	5,16
<b>4.</b>	15	15,00	8,75	6,25
<b>5.</b>	20	15,00	7,18	7,82
<b>6.</b>	25	15,00	6,14	8,86

Sumber: Data Primer 2023

Tabel 4.1. Penurunan fosfat pada limbah laundry buatan menggunakan adsorben arang aktif 2 gram.

Hubungan konsentrasi fosfat pada limbah cair laundry buatan dengan waktu kontak dengan berat adsorben sebesar 2 gram dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Konsentrasi fosfat 2 gram adsorben arang aktif kulit jengkol

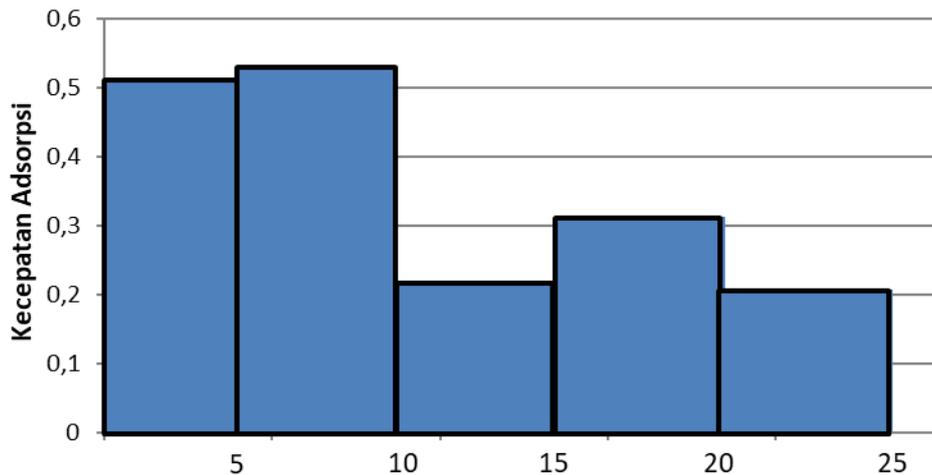
Pada waktu 5 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 12,47 mg/l, pada waktu 10 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 9,84 mg/l, pada waktu 15 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 8,75 mg/l, pada waktu 20 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 7,18 mg/l, dan pada waktu 25 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 6,14 mg/l. Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian, konsentrasi fosfat menggunakan adsorben kulit jengkol mengalami konsentrasi paling banyak pada waktu awal 5 menit sebesar 12,47 mg/l, dapat kita lihat bahwa konsentrasi kadar fosfat bisa terjadi karena pada 5 menit pertama rongga-rongga yang terdapat pada arang aktif kulit jengkol masih terbuka lebar sehingga mampu menyerap kadar fosfat dengan baik. Sedangkan konsentrasi fosfat paling kecil pada waktu 25 menit sebesar 6,14 mg/l, karena rongga-rongga pada adsorben arang aktif kulit jengkol sudah mulai tertutup sehingga sudah tidak mampu menyerap kadar fosfat. Jadi pada setiap perbedaan waktu kontak konsentrasi fosfat mengalami penurunan penyerapan kadar fosfat pada air limbah laundry dari waktu awal 5 menit sampai waktu akhir 25 menit mengalami penurunan konsentrasi fosfat, karena semakin lama waktu kontak maka kemampuan menyerap rongga-rongga adsorben arang aktif kulit jengkol sudah tertutup sehingga tidak mampu menyerap lagi.

Kecepatan adsorpsi (mg/L/Menit) pada kondisi ini dihitung dengan memberi penurunan konsentrasi untuk setiap interval waktu kontak 5 menit, hasil perhitungan kecepatan adsorpsi dapat dilihat pada tabel 4.2

<b>Periode waktu (Menit)</b>	<b>Kecepatan adsorpsi(mg/L/Menit)</b>
------------------------------	---------------------------------------

0-5	$2,53/5=0,506$
5-10	$2,63/5=0,516$
10-15	$1,09/5=0,218$
15-20	$1,57/5=0,314$
20-25	$1,04/5=0,208$

Tabel 4.2 Periode waktu kecepatan adsorpsi rata-rata/menit  
 Hubungan kecepatan adsorpsi terhadap waktu kontak untuk penurunan arang aktif 2 gram dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Kecepatan adsorpsi rata-rata/menit.

Pada periode waktu kecepatan 0-5 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,506, pada periode waktu kecepatan 5-10 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,516, pada periode waktu kecepatan 10-15 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,218, pada periode waktu kecepatan 15-20 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,314, dan pada periode waktu kecepatan 20-25 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,208. Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian kecepatan adsorpsi rata-rata/menit didapat kecepatan adsorpsi paling besar adalah 0,516 mg/l/menit, pada periode waktu awal yaitu 5-10 menit kemampuan penyerapan fosfat pada adsorben arang aktif kulit jengkol paling cepat karena pada awal periode waktu tersebut rongga-rongga pada adsorben arang aktif kulit jengkol masih terbuka sehingga kecepatan menyerap masih sangat baik, maka diperoleh waktu awal 5-10 menit sebagai waktu terbaik pada kecepatan adsorpsi 2 gram arang aktif kulit jengkol. Sedangkan kecepatan adsorpsi yang paling kecil terjadi pada periode waktu 20-25 menit dengan kecepatan adsorpsi sebesar 0,208 mg/l/menit, kecepatan adsorpsi pada adsorben arang aktif kulit jengkol sebesar 2 gram terjadi karena pada periode waktu 20-25 menit rongga-rongga adsorben arang aktif kulit jengkol sudah mulai tertutup sehingga kecepatan penyerapan pada adsorben arang aktif kulit jengkol semakin berkurang.

### Penurunan Fosfat Pada Limbah Laundry Buatan Menggunakan Adsorben Arang Aktif 3 Gram

Hasil penelitian menggunakan media adsorben arang aktif dengan berat 3 gram pada air limbah laundry buatan pada tabel 4.3.

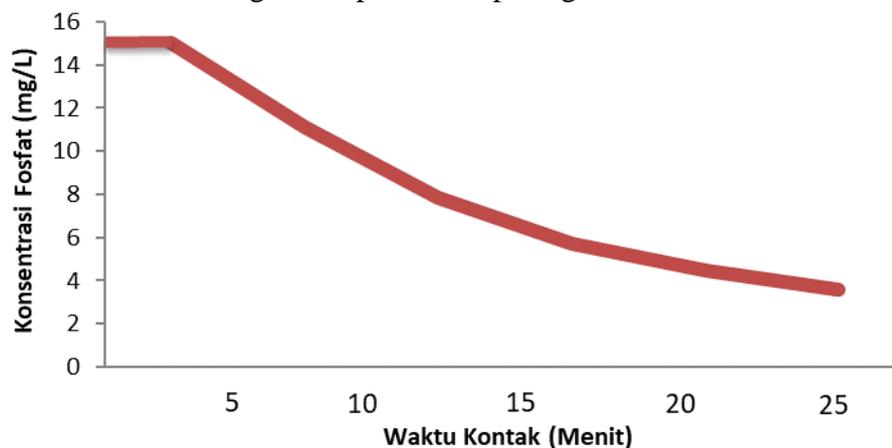
No	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Fosfat (mg/L)	Kemampuan Adsorpsi (mg/L)
1.	0	15,00	-	-

2.	5	15,00	11,13	3,87
3.	10	15,00	7,86	7,14
4.	15	15,00	5,72	9,28
5.	20	15,00	4,46	10,54
6.	25	15,00	3,58	11,42

Sumber: Data Primer 2023

Tabel 4.3 Penurunan fosfat pada limbah laundry buatan menggunakan adsorben arang aktif 3 gram.

Hubungan konsentrasi fosfat pada limbah cair laundry buatan dengan waktu kontak dengan berat adsorben sebesar 3 gram dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Konsentrasi fosfat 3 gram adsorben arang aktif kulit jengkol.

Pada waktu 5 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 11,13 mg/l, pada waktu 10 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 7,86 mg/l, pada waktu 15 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 5,72 mg/l, pada waktu 20 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 4,46 mg/l, dan pada waktu 25 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 3,58 mg/l. Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian, konsentrasi fosfat menggunakan adsorben kulit jengkol mengalami konsentrasi paling banyak pada waktu awal 5 menit sebesar 11,13 mg/l, dapat kita lihat bahwa konsentrasi kadar fosfat bisa terjadi karena pada 5 menit pertama rongga-rongga yang terdapat pada arang aktif kulit jengkol masih terbuka lebar sehingga mampu menyerap kadar fosfat dengan baik. Sedangkan konsentrasi fosfat paling kecil pada waktu 25 menit sebesar 3,58 mg/l, karena rongga-rongga pada adsorben arang aktif kulit jengkol sudah mulai tertutup sehingga sudah tidak mampu menyerap kadar fosfat. Jadi pada setiap perbedaan waktu kontak konsentrasi fosfat mengalami penurunan penyerapan kadar fosfat pada air limbah laundry dari waktu awal 5 menit sampai waktu akhir 25 menit mengalami penurunan konsentrasi fosfat, karena semakin lama waktu kontak maka kemampuan menyerap rongga-rongga adsorben arang aktif kulit jengkol sudah tertutup sehingga tidak mampu menyerap lagi.

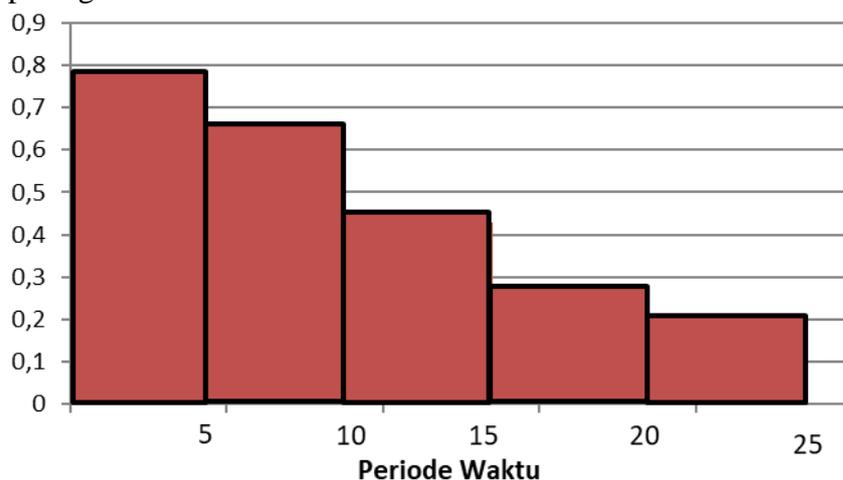
Kecepatan adsorpsi (mg/L/Menit) pada kondisi ini dihitung dengan memberi penurunan konsentrasi untuk setiap interval waktu kontak 5 menit, hasil perhitungan kecepatan adsorpsi dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Periode waktu kecepatan adsorpsi rata-rata/menit.

Periode waktu (Menit)	Kecepatan adsorpsi (mg/L/Menit)
-----------------------	---------------------------------

0-5	$3,87/5=0,774$
5-10	$3,27/5=0,654$
10-15	$2,14/5=0,428$
15-20	$1,26/5=0,252$
20-25	$0,88/5=0,176$

Hubungan kecepatan adsorpsi terhadap waktu kontak untuk penurunan arang aktif 3 gram dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Kecepatan adsorpsi rata-rata/menit.

Pada periode waktu kecepatan 0-5 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,774, pada periode waktu kecepatan 5-10 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,654, pada periode waktu kecepatan 10-15 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,428, pada periode waktu kecepatan 15-20 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,252, dan pada periode waktu kecepatan 20-25 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,176. Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian kecepatan adsorpsi rata-rata/menit didapat kecepatan adsorpsi paling besar adalah 0,774 mg/l/menit, pada periode waktu awal yaitu 0-5 menit kemampuan penyerapan fosfat pada adsorben arang aktif kulit jengkol paling cepat karena pada awal periode waktu tersebut rongga-rongga pada adsorben arang aktif kulit jengkol masih terbuka sehingga kecepatan menyerap masih sangat baik, maka diperoleh waktu awal 0-5 menit sebagai waktu terbaik pada kecepatan adsorpsi 3 gram arang aktif kulit jengkol. Sedangkan kecepatan adsorpsi yang paling kecil terjadi pada periode waktu 20-25 menit dengan kecepatan adsorpsi sebesar 0,176 mg/l/menit, kecepatan adsorpsi pada adsorben arang aktif kulit jengkol sebesar 3 gram terjadi karena pada periode waktu 20-25 menit rongga-rongga adsorben arang aktif kulit jengkol sudah mulai tertutup sehingga kecepatan penyerapan pada adsorben arang aktif kulit jengkol semakin berkurang.

#### **Penurunan Fosfat Pada Limbah Laundry Buatan Menggunakan Adsorben Arang Aktif 4 Gram.**

Hasil penelitian menggunakan media adsorben arang aktif dengan berat 4 gram pada air limbah laundry buatan pada tabel 4.5.

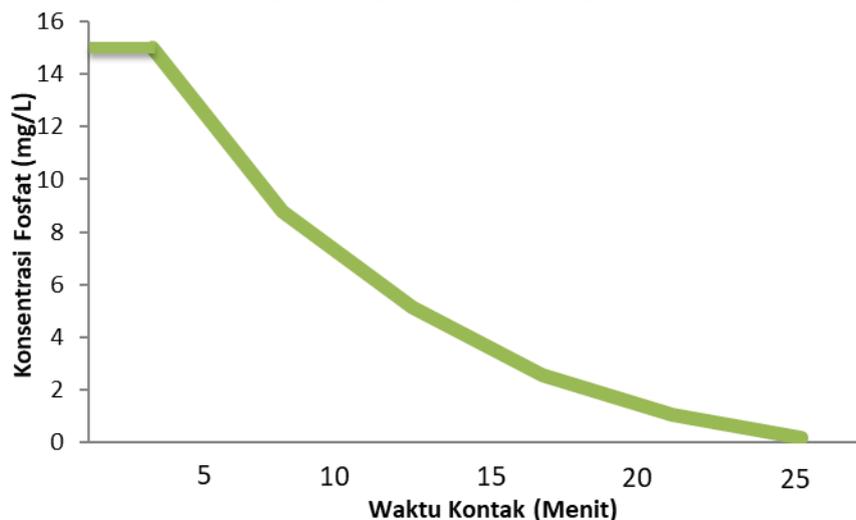
No	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Fosfat (mg/L)	Kemampuan Adsorpsi (mg/L)
1.	0	15,00	-	-
2.	5	15,00	8,76	6,24

3.	10	15,00	5,14	9,86
4.	15	15,00	2,58	12,42
5.	20	15,00	1,06	13,94
6.	25	15,00	0,18	14,82

Sumber: Data Primer 2023

Tabel 4.5 Penurunan fosfat pada limbah laundry buatan menggunakan adsorben arang aktif 4 gram.

Hubungan konsentrasi fosfat pada limbah cair laundry buatan dengan waktu kontak dengan berat adsorben sebesar 4 gram dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Konsentrasi fosfat 4 gram adsorben arang aktif kulit jengkol.

Pada waktu 5 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 8,76 mg/l, pada waktu 10 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 5,14 mg/l, pada waktu 15 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 2,58 mg/l, pada waktu 20 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 1,06 mg/l, dan pada waktu 25 menit didapat konsentrasi fosfat sebesar 0,18 mg/l. Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian, konsentrasi fosfat menggunakan adsorben kulit jengkol mengalami konsentrasi paling banyak pada waktu awal 5 menit sebesar 8,76 mg/l, dapat kita lihat bahwa konsentrasi kadar fosfat bisa terjadi karena pada 5 menit pertama rongga-rongga yang terdapat pada arang aktif kulit jengkol masih terbuka lebar sehingga mampu menyerap kadar fosfat dengan baik. Sedangkan konsentrasi fosfat paling kecil pada waktu 25 menit sebesar 0,18 mg/l, karena rongga-rongga pada adsorben arang aktif kulit jengkol sudah mulai tertutup sehingga sudah tidak mampu menyerap kadar fosfat. Jadi pada setiap perbedaan waktu kontak konsentrasi fosfat mengalami penurunan penyerapan kadar fosfat pada air limbah laundry dari waktu awal 5 menit sampai waktu akhir 25 menit mengalami penurunan konsentrasi fosfat, karena semakin lama waktu kontak maka kemampuan menyerap rongga-rongga adsorben arang aktif kulit jengkol sudah tertutup sehingga tidak mampu menyerap lagi.

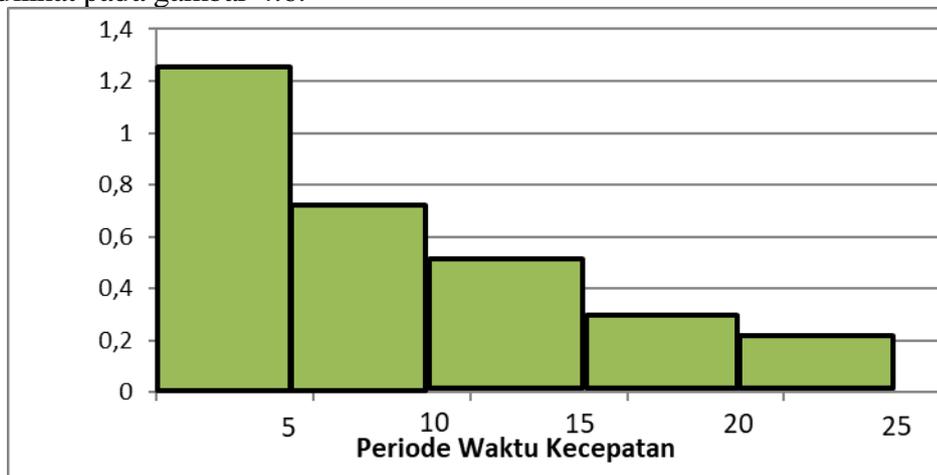
Kecepatan adsorpsi (mg/L/Menit) pada kondisi ini dihitung dengan memberi penurunan konsentrasi untuk setiap interval waktu kontak 5 menit, hasil perhitungan kecepatan adsorpsi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Periode waktu kecepatan adsorpsi rata-rata/menit.

Periode waktu (Menit)	Kecepatan adsorpsi (mg/L/Menit)
-----------------------	---------------------------------

0-5	$6,24/5=1,248$
5-10	$3,62/5=0,724$
10-15	$2,56/5=0,512$
15-20	$1,52/5=0,304$
20-25	$1,08/5=0,216$

Hubungan kecepatan adsorpsi terhadap waktu kontak untuk penurunan arang aktif 4 gram dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kecepatan adsorpsi rata-rata/menit.

Pada periode waktu kecepatan 0-5 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 1,248, pada periode waktu kecepatan 5-10 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,724, pada periode waktu kecepatan 10-15 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,512, pada periode waktu kecepatan 15-20 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,304, dan pada periode waktu kecepatan 20-25 didapat kecepatan adsorpsi rata-rata/menit sebesar 0,216. Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian kecepatan adsorpsi rata-rata/menit didapat kecepatan adsorpsi paling besar adalah 1,248 mg/l/menit, pada periode waktu awal yaitu 0-5 menit kemampuan penyerapan fosfat pada adsorben arang aktif kulit jengkol paling cepat karena pada awal periode waktu tersebut rongga-rongga pada adsorben arang aktif kulit jengkol masih terbuka sehingga kecepatan menyerap masih sangat baik, maka diperoleh waktu awal 0-5 menit sebagai waktu terbaik pada kecepatan adsorpsi 4 gram arang aktif kulit jengkol. Sedangkan kecepatan adsorpsi yang paling kecil terjadi pada periode waktu 20-25 menit dengan kecepatan adsorpsi sebesar 0,216 mg/l/menit, kecepatan adsorpsi pada adsorben arang aktif kulit jengkol sebesar 4 gram terjadi karena pada periode waktu 20-25 menit rongga-rongga adsorben arang aktif kulit jengkol sudah mulai tertutup sehingga kecepatan penyerapan pada adsorben arang aktif kulit jengkol semakin berkurang.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kulit jengkol efektif di gunakan sebagai adsorben pada pengolahan limbah laundry terhadap penurunan fosfat.
2. Kecepatan adsorpsi adsorben arang aktif kulit jengkol pada penyerapan fosfat didapat waktu optimum, yaitu pada kecepatan adsorpsi adsorben arang aktif sebesar 2 gram pada waktu 5-10 menit didapat kecepatan adsorpsi sebesar 0,516 mg/l/menit, pada kecepatan adsorpsi adsorben arang aktif sebesar 3 gram pada waktu 0-5 menit didapat kecepatan adsorpsi sebesar 0,774 mg/l/menit, dan pada kecepatan adsorpsi adsorben arang aktif 4 gram pada waktu 0-5 menit didapat kecepatan adsorpsi sebesar 1,248 mg/l/menit.

3. Semakin banyak adsorben semakin baik penurunan konsentrasi fosfta.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Daud dan Houshamnd (2010). Bahan yang mengandung lignin dan karbohidrat, aktivasi dilakukan secara kimiawi dengan asam. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas Padang.
- Girun Alfathoni, (2002). Suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam, sehingga memiliki daya serap tinggi. Skripsi Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Hasmean, Salari, dan Yazdi 2014. Penyerapan senyawa organik seperti pewarna dan logam berat. Skripsi Universitas Airlangga Surabaya Jawa Timur.
- Hastuti, S, S Muwahib, dan Setyoningsih. 2012. Penggunaan Serat Daun Nenas Sebagai Adsorben Zat Warna ProcionRed Mx 8b. Jurnal EKOSAINS. Vol. IV No. 1 Maret.
- Johari, Saman, Song, Chin, Kong, dan Mat, 2016. Adsorben dari limbah pertanian baik untuk dikembangkan karena ketersediaan bahan baku berlimpah, biaya murah, dan proses persiapan sederhana. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas Padang.
- Khoirul, (2019). sintesis dan karakterisasi kitosan-alginat beads pada penurunan kadar fosfat. Skripsi. Bali: Universitas Pendidikan Ganesha.
- Kurniyati et al., 2015. Perkembangan usaha yang didirikan oleh masyarakat yang banyak ditemui adalah jasa pencucian pakaian yang komersial yaitu laundry. Skripsi Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha Bali.
- Miao, Tang, Xu, Liu, Xiao, dan Chen (2013). Arang aktif merupakan adsorben baik dan banyak digunakan untuk berbagai aplikasi karena luas permukaan yang tinggi dan berpori. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas Padang.
- Pujiyanto. (2010). Pembuatan karbon aktif super dari batubara dan tempurung kelapa. Skripsi, Depok, Departemen Teknik Kimia FTUI.
- Santi, S. S. (2009). Penurunan Konsentrasi Surfactan pada Limbah Detergen dengan Proses Photokatalitik Sinar UV. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 4(1).
- Tanasal, La, dan Taba, 2014. Senyawa yang terkandung dalam kulit jengkol yang terkandung dalam adsorben kulit jengkol. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas Padang.
- Zyoud, Nassar, Hamouz, dan Hilal, 2015. Aktivasi kimia lebih ekonomis karena suhu yang aktivasi lebih rendah dan waktu yang aktivasi lebih singkat. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas Padang.

- Immanuel Kant. *Pedagogi: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 9(2), 54–61.  
<https://doi.org/10.47662/pedagogi.v9i2.564>
- Boko, I. P. R. (2023). Konsep Substansi Rene Descartes Asas Pemahaman Tentang Ruang Dan Waktu. *Pedagogi: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 9(2), 62–70.  
<https://doi.org/10.47662/pedagogi.v9i2.570>
- Copleston, F. (2023). *Filsafat Kant (Terjemahan)*. Basa Basi.
- Dinata, S. (2021). Epistemologi Kritisme Immanuel Kant. 7(2), 217–236.
- El-taro, E., & Aryani, M. L. (2022). Intuisi Matematis Immanuel Kant dan Implementasinya dalam Pembelajaran Matematika Abad 21. *PRISMA, Prosding Seminar Nasional Matematika*, 5, 21–27.
- Herho, S. H. S. (2016). *Critique of Pure Reason: Sebuah Pengantar*. In *Perkumpulan Studi Ilmu Kemasyarakatan ITB*.
- Murtadlo, M. K. A., & Khobir, A. (2023). Pendidikan Moral Pandangan Immanuel Kant. *Jurnal Basicedu*, 7(4), 2251–2260. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i4.5371>
- Muthmainnah, L. (2018). Tinjauan Kritis Terhadap Epistemologi Immanuel Kant (1724-1804). *Jurnal Filsafat*, 28(1), 74. <https://doi.org/10.22146/jf.31549>
- Nurnaningsih. (2017). *Tokoh Filsuf dan Era Keemasan Filsafat*. Pusaka Almaida Makassar.
- Nursiman. (2019). *Oksidentalisme (Kritik Epistemologis dalam Filsafat Modern)*. Kalimedia.
- Praja, J. S. (2020). *Aliran-aliran Filsafat & Etika*. Prenada Media.
- Puspitasari, R. (2012). Kontribusi Empirisme terhadap Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial. *Jurnal Edueksos*, 1(1), 21–49.
- Ridwan. (2021). Relasi Hukum dan Moral Perspektif Imperative Categories. *Fundamental: Jurnal Ilmiah Hukum*, 10(1), 18–32.
- Rusli, R. (2021). *Filsafat Islam: Telaah Tokoh dan Pemikirannya*. Prenada Media.
- Strathern, P. (2001). *90 Menit Bersama Immanuel Kant (Terjemahan)*. Erlangga.
- Suryosumunar, J. A. Z., & Noorzeha, F. (2022). Kiraba Pusaka Keraton Kesunanan Surakarta dalam Perspektif Etika Deontologi Immanuel Kant. 13(2), 111–122.
- Syafirna, F., Haris, J. F., Najwa, A., Khaimimi, M. F., Nasikhin, Junaedi, M., & Felix, S. M. (2023). Menganalisa Pemikiran Immanuel Kant (Kritisisme dan Implementasinya dalam Pendidikan Islam). *Ta'wiluna: Jurnal Ilmu Al-Qur'an, Tafsir Dan Pemikiran Islam*, 4(2), 238–248.
- Tjahjadi, L. (1991). *Hukum Moral: Ajaran Immanuel Kant tentang Etika dan Imperatif Kategoris*. Kanisius.
- Wattimena, R. A. . (2010). *Filsafat Kritis Immanuel Kant: Mempertimbangkan Kritik Karl Ameriks terhadap kritik Immanuel Kant atas Metafisika*. *Evolitera (Evolution of Literature)*.
- Wibawa, G., & Muttaqin, R. (2022). Implikasi Filsafat Kritisisme Immanuel Kant Bagi Pengembangan Studi Hukum Ekonomi Syariah. *Jurnal Ilmiah Humantech*, 1(1), 19–28.