

## Efektivitas Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Biokoagulan dalam Penurunan Kadar Fosfat pada Air Limbah Laundry

### *The Effectiveness Of Moringa Seed Powder (Moringa oleifera) As a Biocoagulant in Reducing Phosphate Levels In Laundry Wastewater*

Ersa Sukma Khusnani <sup>1\*</sup>, Marsum <sup>1)</sup>, Fauzan Ma'ruf <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang,

#### Abstrak

Nilai ambang batas kadar fosfat air limbah industri sabun dan detergen sesuai Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 sebesar 2 mg/L. Kadar fosfat pada air limbah laundry yang berlebih dapat menyebabkan eutrofikasi. Pengukuran pendahuluan oleh peneliti menggunakan *Hydrotest* – 1000 terhadap salah satu limbah laundry, diperoleh hasil bahwa air limbah tersebut mengandung fosfat yang tinggi yaitu sebesar 22 mg/L. Koagulasi – flokulasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar fosfat. Serbuk biji kelor sebagai biokoagulan merupakan pilihan alternatif dalam rangka mengurangi penggunaan bahan sintesis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas serbuk biji kelor sebagai biokoagulan dalam penurunan kadar fosfat air limbah laundry dengan dosis yang bervariasi. Jenis penelitian yang digunakan adalah *quacy experiment* dengan metode *non equivalent group control pre-post test design*. Analisis hasil penelitian dengan uji *One Way ANOVA* menunjukkan ada perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelima variasi dosis serbuk biji kelor dalam menurunkan kadar fosfat air limbah laundry. Terdapat salah satu dosis yang memiliki kemampuan lebih baik dalam penurunan kadar fosfat air limbah laundry yaitu dosis 50 mg/L. Efektivitas penurunan kadar fosfat tertinggi terjadi pada dosis 50 mg/L sebesar 52,45%. Disarankan agar melakukan penelitian lain dengan variasi dosis serbuk biji kelor yang berbeda dan menambah waktu pengendapan flok setelah proses koagulasi – flokulasi.

**Kata kunci:** biokoagulan; fosfat; limbah laundry; serbuk biji kelor

#### Abstract

The threshold value for the phosphate content of industrial soap and detergent wastewater according to Provincial Regulation of Central Java Number 5 of 2015 is 2 mg/L. Excessive phosphate levels in laundry wastewater can cause eutrophication. A preliminary measurement by researchers using *Hydrotest* - 1000 on laundry wastewater, obtained that the wastewater contained high levels of phosphate, which was 22 mg/L. Coagulation-flocculation is one method that can be used to reduce the phosphate content. Moringa seed powder as a bio-coagulant is an alternative to reduce the use of synthetic materials. This study aims to determine the effectiveness of moringa seed powder as a bio-coagulant in reducing phosphate levels in laundry wastewater with varying doses. The study used a *quacy experiment* with a *non-equivalent group control pre-post test design*. The analysis of the research results with the *One-Way ANOVA* test shows a significant difference between the control group and the five variations of moringa seed powder doses in reducing phosphate levels in laundry wastewater. There is one dose that has better ability in reducing phosphate levels in laundry wastewater, which is a dose of 50 mg/L. The highest effectiveness of reducing phosphate levels occurred at a dose of 50 mg/L, which was 52.45%. It is recommended to conduct other studies with different variations of moringa seed powder dosage and increase the floc settling time after the coagulation - flocculation process.

**Keywords:** bio-coagulant; phosphate; laundry wastewater; moringa seed powder

## 1. Pendahuluan

Kesehatan lingkungan merupakan upaya yang bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang sehat, baik fisik, kimia, biologi, maupun sosial yang memungkinkan setiap orang mencapai derajat kesehatan setinggi-tingginya. Baku mutu dari kesehatan lingkungan ditetapkan pada media lingkungan meliputi air, udara, tanah, pangan, sarana dan bangunan, serta vektor dan binatang pembawa penyakit<sup>1</sup>. Air merupakan salah satu diantara media lingkungan yang mempunyai peran penting terhadap kelangsungan hidup manusia. Oleh karena itu, air harus memenuhi syarat secara kuantitas maupun kualitasnya. Aktivitas manusia yang membutuhkan air menghasilkan limbah. Apabila limbah langsung dibuang tanpa pengolahan maka dapat mengakibatkan pencemaran air<sup>2</sup>.

Sebanyak 80% perairan tawar di Indonesia tercemar limbah domestik, baik padat maupun cair. Limbah cair yang menyebabkan pencemaran sebagian besar berasal dari limbah rumah tangga. Limbah rumah tangga yang banyak mencemari perairan dengan kandungan detergen salah satunya berasal dari limbah dari industri laundry. Bahan yang terkandung di dalam detergen yang berfungsi untuk menghilangkan kotoran yaitu senyawa fosfat<sup>3</sup>.

Seiring berkembangnya waktu, jumlah usaha *laundry* di sekitar wilayah Kampus 7 Poltekkes Kemenkes Semarang semakin meningkat. Warga sekitar memanfaatkan peluang untuk membuka usaha tersebut karena banyak mahasiswa lebih memilih mencuci pakaian di tempat laundry yang lebih praktis dan menghemat waktu. Berdasarkan survei pendahuluan di sekitar wilayah Kampus 7 Poltekkes Kemenkes Semarang, sebagian besar usaha laundry tidak melakukan pengolahan terhadap air limbah yang dihasilkan, melainkan langsung dibuang ke badan air. Hal tersebut dapat merusak ekosistem air akibat penggunaan detergen yang mengandung fosfat sebagai bahan penyusun utama.

Fosfat termasuk salah satu polutan penyebab pencemaran air. Limbah yang memiliki kadar fosfat melebihi baku mutu akan mengganggu keseimbangan kehidupan di perairan, racun terhadap mikroorganisme, dan bersifat korosif. Selain itu, keberadaan fosfat pada badan air yang dihasilkan industri laundry juga dapat berdampak pada keseimbangan ekosistem perairan sehingga menyebabkan eutrofikasi yaitu pencemaran air yang disebabkan nutrisi yang berlebih. Kondisi ini menyebabkan algae tumbuh dengan cepat akan menutupi permukaan badan air<sup>4</sup>. Karena memiliki pengaruh yang merugikan bagi makhluk hidup dan lingkungan, maka kadar fosfat perlu diturunkan.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar fosfat diantaranya metode kimia, fisika, maupun biologi. Metode kimia dengan proses koagulasi merupakan metode yang efektif digunakan untuk mengikat senyawa fosfat<sup>5</sup>. Koagulasi adalah proses penambahan koagulan atau zat kimia ke dalam suatu larutan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air yang menyebabkan pembentukan gumpalan. Runtutan proses setelah koagulasi yaitu flokulasi. Flokulasi merupakan pengumpulan partikel dengan muatan yang tidak stabil dengan pengadukan lambat. Kumpulan partikel tersebut akan membentuk ukuran lebih besar yang dinamakan flok. Akan tetapi, metode koagulasi dengan koagulan bahan kimia tidak jarang mengalami kegagalan karena prosesnya yang kompleks dan memerlukan biaya relatif tinggi<sup>6</sup>.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, serbuk hasil proses dari biji kelor (*Moringa oleifera*) menunjukkan hasil yang efektif sebagai koagulan untuk pengolahan air dan dapat dibandingkan dengan koagulan sintetik yang biasa digunakan<sup>7</sup>. Pemanfaatan koagulan alami dilakukan dalam rangka mengurangi penggunaan bahan sintesis. Proses koagulasi menggunakan serbuk biji kelor telah memberikan keuntungan dibandingkan dengan pengolahan air yang menggunakan bahan sintesis karena bersifat alami dan lebih menghemat biaya<sup>8</sup>.

Pengolahan limbah untuk menurunkan kadar fosfat dengan koagulasi – flokulasi umumnya menggunakan bahan kimia sebagai koagulan. Selain memerlukan biaya yang tinggi, unsur kimia yang terkandung didalamnya dapat membahayakan lingkungan sehingga terdapat alternatif penggunaan biokoagulan, salah satunya menggunakan serbuk biji kelor. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas serbuk biji kelor sebagai biokoagulan dalam penurunan kadar fosfat pada air limbah *laundry* dengan dosis yang bervariasi.

## 2. Bahan dan Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah *quacy experiment* dengan metode *non equivalent group control pre-post test design* untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan kadar fosfat limbah cair *laundry* sebelum dan setelah koagulasi – flokulasi menggunakan serbuk biji kelor. Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada salah satu *laundry* yang berada di RT 03 RW 02, Karangmangu, Baturraden, Banyumas. Penelitian ini merupakan percobaan berbasis laboratorium. Oleh karena itu, penelitian dilakukan di Laboratorium Kesehatan Lingkungan Kampus 7 Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang.

Sampel dari penelitian ini merupakan air limbah *laundry* yang berasal dari salah satu usaha *laundry* di Karangmangu, Baturraden. Dalam *laundry* tersebut terdapat beberapa tahapan proses *laundry* yaitu penerimaan cucian, penimbangan cucian, pemilahan pakaian, pencucian pakaian, pengeringan pakaian, penyetrikaan, dan

pengepakan pakaian. *Laundry* yang dijadikan sebagai tempat pengambilan sampel menggunakan 3 mesin cuci bukaan atas dengan kapasitas masing-masing 16 kg, 14 kg, dan 7 kg. Dalam sehari, pakaian *laundry* yang dicuci rata-rata mencapai 30 kg. Dalam sehari, *laundry* mencuci sekitar 30 kg pakaian maka limbah cair yang dihasilkan  $\pm$  115 liter. Sementara itu, pengujian efektivitas dosis serbuk biji kelor dilakukan dengan menggunakan *jar test* di Laboratorium Kimia Kampus 7 Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang. Selain menggunakan *jar test* untuk proses koagulasi – flokulasi, penelitian ini menggunakan alat laboratorium diantaranya timbangan analitik, pH meter, termometer, dan *Hydrotest* – 1000.

Penelitian ini dilakukan 5 replikasi, masing-masing replikasi terdiri dari 1 kontrol dan 5 variasi dosis sehingga sampel yang dibutuhkan setiap satu replikasi yaitu 6 liter. Pemeriksaan pH dilakukan menggunakan pH meter, pemeriksaan suhu menggunakan termometer, sedangkan pemeriksaan kadar fosfat dan kekeruhan dilakukan menggunakan *Hydrotest* – 1000.

Metode pengolahan yang dinilai paling efektif untuk menurunkan fosfat yaitu metode kimia menggunakan proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penambahan koagulan seperti kapur yang dapat mengikat senyawa fosfat<sup>5</sup>. Pada saat koagulasi dengan penambahan koagulan atau zat kimia ke dalam suatu larutan akan terjadi destabilisasi koloid dan partikel pada larutan karena pengadukan cepat sehingga terbentuk gumpalan. Setelah koagulasi, dilanjutkan proses selanjutnya yaitu Flokulasi. Pada proses ini dilakukan pengadukan lambat. Partikel yang tidak stabil akan bertubrukan kemudian terbentuk gumpalan yang berukuran lebih besar yang disebut juga flok atau partikel flokulan<sup>6</sup>.

Koagulasi – flokulasi merupakan satu rangkaian proses pengadukan padatan tersuspensi menjadi tidak stabil sehingga saling bertubrukan membentuk flok. Pada proses ini, partikel koloid yang lebih besar kemudian akan dipisahkan melalui proses pengendapan. Melalui koagulasi akan terjadi percampuran antara koloid yang terdestabilkan dengan penambahan koagulan dan proses pengadukan cepat, akan menghasilkan partikel muatan positif dan negatif. Selain itu, pada saat koagulasi akan terjadi netralisasi oleh koagulan dari muatan partikel. Akibat dari tumbukan pada proses selanjutnya yaitu pengadukan lambat akan terjadi penggabungan flok menjadi berukuran lebih besar. Proses tersebut merupakan proses flokulasi<sup>9</sup>. Koagulasi – flokulasi dengan biokoagulan serbuk biji kelor dilakukan menggunakan *jar test*. Pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dilanjutkan pengadukan lambat dengan kecepatan 60 rpm selama 15 menit. Setelah pengadukan, dilanjutkan pengendapan selama 15 menit.

Dalam mencapai koagulasi dan flokulasi dengan hasil yang optimal maka perlu dilakukan penyesuaian kondisi. Faktor yang dapat mempengaruhi koagulasi – flokulasi yaitu pH, suhu, konsentrasi koagulan, dan pengadukan. Koagulasi dan flokulasi dapat berjalan dengan baik apabila pH sesuai dengan koagulan dan flokulan<sup>10</sup>. Viskositas dan perubahan struktur partikel pada suhu rendah dapat menyebabkan koagulasi yang kurang efektif. Sementara pada suhu tinggi, kerapatan partikel lebih kecil sehingga merusak timbunan lumpur<sup>10</sup>. Kurangnya konsentrasi bahan koagulan pada proses koagulasi – flokulasi dapat menyebabkan hambatan pada pembentukan flok. Akan tetapi, jika konsentrasi koagulan berlebihan maka dapat menimbulkan kekeruhan karena flok tidak terbentuk sempurna<sup>10</sup>. Pengadukan pada proses koagulasi dan flokulasi sangat mempengaruhi proses pembentukan flok. Proses pengadukan yang terlalu cepat dapat menyebabkan flok menjadi pecah, sedangkan pengadukan yang terlalu lambat akan membuat proses pembentukan memakan waktu yang lama<sup>10</sup>.

Data hasil penelitian yang telah ditabulasi kemudian dilakukan analisis univariat dengan menghitung rata-rata dan persentase untuk dilakukan perbandingan terhadap kadar fosfat setelah perlakuan koagulasi – flokulasi menggunakan serbuk biji kelor dengan variasi dosis tertentu sehingga didapatkan dosis yang paling efektif dalam menurunkan kadar fosfat menggunakan rumus:

$$\text{Efektivitas} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

Dilanjutkan analisis bivariat menggunakan *software* pengolah data statistik SPSS dengan uji *One Way ANOVA* untuk mengetahui perbedaan yang signifikan diantara kelompok kontrol dan kelima variasi dosis serbuk biji kelor dalam menurunkan kadar fosfat air limbah *laundry*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Kampus 7 Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang yang terletak di Jalan Raya Baturraden KM. 12, Dusun II Karangmangu, Baturraden, Banyumas, Jawa Tengah. Sementara itu, pengambilan sampel penelitian dilakukan pada salah satu *laundry* yang berada di RT 03 RW 02, Karangmangu, Baturraden, Banyumas. *Laundry* ini berdiri pada tahun 2017 dan memiliki 2 tenaga kerja. Usaha *laundry* ini beroperasi setiap hari pukul 08.00 WIB – 16.00 WIB. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 14 Maret 2023. Dalam penelitian ini, yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah usaha *laundry*.

Pengukuran pH air limbah *laundry* dilakukan menggunakan pH meter sebelum dan setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pH Air Limbah *Laundry* Sebelum dan Setelah Koagulasi – Flokulasi dengan Serbuk Biji Kelor

Variasi Dosis (mg/L)	Replikasi	pH Sebelum	pH Setelah
Kontrol	1	7,97	7,57
	2	7,54	7,51
	3	7,61	7,59
	4	7,64	7,55
	5	7,89	7,70
	Rata-rata	7,73	7,58
25	1	7,97	7,61
	2	7,54	7,49
	3	7,61	7,55
	4	7,64	7,54
	5	7,89	7,60
	Rata-rata	7,73	7,56
50	1	7,97	7,54
	2	7,54	7,49
	3	7,61	7,55
	4	7,64	7,55
	5	7,89	7,67
	Rata-rata	7,73	7,56
75	1	7,97	7,51
	2	7,54	7,55
	3	7,61	7,60
	4	7,64	7,60
	5	7,89	7,59
	Rata-rata	7,73	7,57
100	1	7,97	7,53
	2	7,54	7,49
	3	7,61	7,55
	4	7,64	7,60
	5	7,89	7,62
	Rata-rata	7,73	7,56
125	1	7,97	7,77
	2	7,54	7,49
	3	7,61	7,56
	4	7,64	7,60
	5	7,89	7,87
	Rata-rata	7,73	7,66

Sumber: Data Primer, 2023

Nilai baku mutu parameter pH menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu sebesar 6,0 – 9,0. Dari pengukuran pH tersebut, didapatkan hasil bahwa semua pH pada kelompok kontrol maupun seluruh variasi dosis mempunyai nilai pH yang memenuhi baku mutu.

Berdasarkan pengukuran pH setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor terjadi penurunan rata-rata pH pada setiap variasi dosis. Penurunan pH ini disebabkan oleh ion hidroksida pada air limbah *laundry* yang bereaksi dengan gugus karboksil asam amino protein pada biji kelor kemudian melepaskan ion H<sup>+</sup> dalam suasana asam lemah<sup>11</sup>. Selain itu, adanya jeda waktu tunggu antara pengambilan sampel di lapangan dengan pengukuran pH sehingga terjadi perubahan nilai pH.

Pengukuran suhu air limbah *laundry* dilakukan menggunakan termometer sebelum dan setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu Air Limbah *Laundry* Sebelum dan Setelah Koagulasi – Flokulasi dengan Serbuk Biji Kelor

Variasi Dosis (mg/L)	Replikasi	Suhu Sebelum (°C)	Suhu Setelah (°C)
Kontrol	1	24,7	26,5
	2	24,3	26,8
	3	26,1	27
	4	23,5	24,2
	5	24,9	26,8
	Rata-rata	24,7	26,26
25	1	24,7	25,6
	2	24,3	25,1
	3	26,1	27
	4	23,5	24,7
	5	24,9	26,1
	Rata-rata	24,7	25,7
50	1	24,7	25,6
	2	24,3	25,9
	3	26,1	26,7
	4	23,5	24,9
	5	24,9	25,3
	Rata-rata	24,7	25,68
75	1	24,7	24,7
	2	24,3	25,9
	3	26,1	26,6
	4	23,5	24,9
	5	24,9	25,4
	Rata-rata	24,7	25,5
100	1	24,7	25,1
	2	24,3	27,7
	3	26,1	26,5
	4	23,5	24,7
	5	24,9	25,1
	Rata-rata	24,7	25,82
125	1	24,7	25,5
	2	24,3	27
	3	26,1	25,8
	4	23,5	25,5
	5	24,9	25,2
	Rata-rata	24,7	25,8

Sumber: Data Primer, 2023

Setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor, suhu air limbah *laundry* mengalami perubahan pada setiap variasi dosis. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya jeda waktu pengambilan sampel dengan pengukuran suhu air limbah *laundry*. Walaupun rata-rata pengukuran suhu setelah koagulasi – flokulasi dengan penggunaan biokoagulan serbuk biji kelor mengalami peningkatan, akan tetapi nilai suhu tidak menunjukkan perubahan secara drastis. Karakteristik fisik air limbah *laundry* memiliki standar suhu 23,6°C – 26,0°C<sup>12</sup>. Rata-rata suhu setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor pada seluruh variasi dosis masih berada dalam kisaran suhu normal untuk air limbah *laundry*.

Hasil pengukuran kekeruhan terdapat pada tabel 3. Pengukuran kekeruhan air limbah *laundry* dilakukan menggunakan *Hydrotest* – 1000. Hasil pengukuran kekeruhan pada air limbah *laundry* sebelum dan setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor menunjukkan kekeruhan yang berbeda-beda. Kekeruhan air limbah *laundry* setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor mengalami peningkatan pada semua variasi dosis. Namun tidak pada kelompok kontrol. Air limbah *laundry* yang tidak diberi biokoagulan serbuk biji kelor mengalami penurunan kekeruhan. Pemberian serbuk biji kelor membuat air limbah menjadi lebih

keruh. Hal tersebut dipengaruhi oleh kurangnya waktu pengendapan sehingga flok yang terbentuk belum sepenuhnya mengendap.

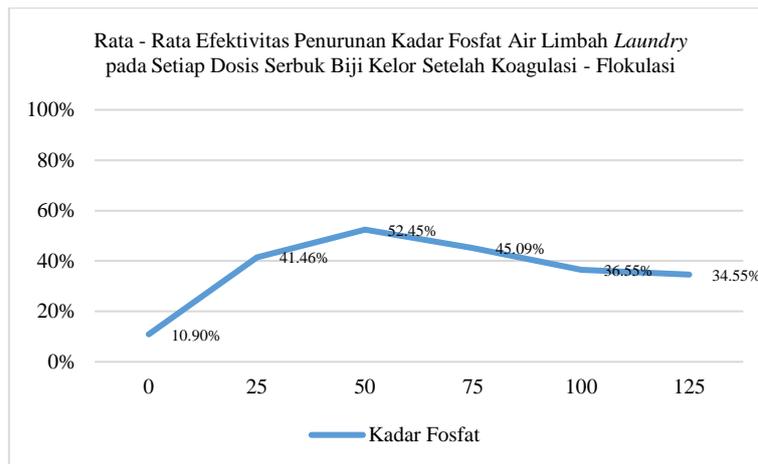
Dosis optimum penggunaan biokoagulan serbuk biji kelor adalah pada dosis 50 mg/L. Hal ini terlihat dari nilai kekeruhan terendah dibandingkan dengan dosis lain dari serbuk biji kelor yang diberikan. Pada konsentrasi yang melebihi dosis optimum, kekeruhan kembali naik karena koloid telah dinetralkan semuanya dan mengendap pada dosis optimum sehingga kelebihan koagulan akan menyebabkan kekeruhan karena tidak berinteraksi dengan partikel koloid lain yang berbeda muatan<sup>13</sup>.

Pengukuran kadar fosfat air limbah *laundry* dilakukan menggunakan *Hydrotest* - 1000 sebelum dan setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kekeruhan Air Limbah *Laundry* Sebelum dan Setelah Koagulasi – Flokulasi dengan Serbuk Biji Kelor

Variasi Dosis (mg/L)	Replikasi	Kekeruhan Sebelum (NTU)	Kekeruhan Setelah (NTU)
Kontrol	1	80	68
	2	78	68
	3	76	67
	4	78	66
	5	79	68
	Rata-rata	78,2	67,4
25	1	80	78
	2	78	111
	3	76	82
	4	78	83
	5	79	84
	Rata-rata	78,2	87,6
50	1	80	84
	2	78	89
	3	76	75
	4	78	87
	5	79	88
	Rata-rata	78,2	84,6
75	1	80	98
	2	78	96
	3	76	82
	4	78	86
	5	79	93
	Rata-rata	78,2	91
100	1	80	111
	2	78	105
	3	76	93
	4	78	87
	5	79	93
	Rata-rata	78,2	97,8
125	1	80	94
	2	78	107
	3	76	105
	4	78	98
	5	79	96
	Rata-rata	78,2	100

Sumber: Data Primer, 2023



Gambar 1. Rata - Rata Efektivitas Penurunan Kadar Fosfat Air Limbah *Laundry* pada Setiap Dosis Serbuk Biji Kelor Setelah Koagulasi – Flokulasi

Adapun hasil pengukuran kadar fosfat pada air limbah *laundry* setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor menunjukkan adanya penurunan tetapi belum memenuhi baku mutu kadar fosfat air limbah menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa nilai baku mutu untuk kadar fosfat sebesar 2 mg/L <sup>14</sup>.

Penurunan kadar fosfat yang tersaji pada Gambar 1 memiliki nilai efektivitas rata-rata tertinggi pada dosis 50 mg/L yaitu sebesar 52,45%. Persentase efektivitas kadar fosfat pada hasil penelitian ini lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hermida et al., (2021) yaitu air limbah *laundry* memiliki efisiensi penyisihan kadar fosfat sebesar 71,13%. Terlihat bahwa dosis optimum untuk mencapai efektivitas tertinggi pada dosis 50 mg/L. Kadar fosfat menurun dari 22 mg/L menjadi 10,46 mg/L. Interaksi yang terjadi antara polielektrolit kationik ( $\text{NH}_3^+$ ) dari protein pada biokoagulan biji kelor dan fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) akan saling menetralkan sehingga membentuk flok dan kemudian mengendap. Biji kelor memiliki kemampuan yang baik untuk menghilangkan kandungan anion pada air. Adanya situs aktif pada biji kelor juga menjadi tempat penyerapan fosfat <sup>16</sup>.

Rata-rata penurunan kadar fosfat pada air limbah *laundry* paling rendah terjadi pada kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan berupa penambahan serbuk biji kelor yaitu dengan efektivitas penurunan sebesar 10,90%. Artinya bahwa serbuk biji kelor sudah efektif menurunkan angka kadar fosfat pada air limbah *laundry* tetapi belum dapat bekerja secara maksimal. Terdapat faktor yang mempengaruhi proses koagulasi – flokulasi mungkin menjadi penyebab efektivitas belum mencapai nilai maksimal yaitu waktu pengendapan flok yang kurang lama sehingga menyebabkan kekeruhan akibat partikel koloid belum sepenuhnya mengendap di dasar air limbah *laundry*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan diantara kelompok kontrol dan kelima variasi dosis serbuk biji kelor dalam menurunkan kadar fosfat air limbah *laundry*. Data hasil percobaan dianalisis menggunakan uji *One Way ANOVA*.

Tabel 4. Hasil Uji *One Way ANOVA* Penurunan Kadar Fosfat Air Limbah *Laundry* Setelah Koagulasi – Flokulasi dengan Serbuk Biji Kelor Tahun 2023

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Between Groups</i>	244,650	5	48,930	12,104	0,000
<i>Within Groups</i>	97,020	24	4,042		
<b>Total</b>	<b>341,670</b>	<b>29</b>			

Sumber: *Output SPSS, 2023*

Tabel 4 menunjukkan hasil uji *One Way ANOVA* penurunan kadar fosfat air limbah *laundry* setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor. Dapat diketahui bahwa nilai signifikansi berdasarkan uji *One Way ANOVA* 0,000 ( $< 0,05$ ), dapat diartikan bahwa ada perbedaan yang signifikan diantara kelompok kontrol dan kelima variasi dosis serbuk biji kelor dalam menurunkan kadar fosfat air limbah *laundry* atau dengan kata lain minimal ada salah satu dosis serbuk biji kelor yang mempunyai kemampuan menurunkan kadar fosfat pada

air limbah *laundry* lebih baik. Karena ada perbedaan kemampuan dalam menurunkan kadar fosfat, maka diteruskan uji lanjut *LSD* untuk mengetahui perbandingan efektivitas masing-masing dosis serbuk biji kelor.

Tabel 5. Hasil Uji *LSD* Penurunan Kadar Fosfat Air Limbah *Laundry* Setelah Koagulasi – Flokulasi dengan Serbuk Biji Kelor Tahun 2023

Perbandingan Dosis (mg/L)	Mean Difference	Nilai p (Sig.)	Hipotesis
Kontrol : 25	- 6,72*	0,000	H <sub>0</sub> ditolak
Kontrol : 50	- 9,14*	0,000	H <sub>0</sub> ditolak
Kontrol : 75	- 7,52*	0,000	H <sub>0</sub> ditolak
Kontrol : 100	- 5,64*	0,000	H <sub>0</sub> ditolak
Kontrol : 125	- 5,2*	0,000	H <sub>0</sub> ditolak
25 : 50	- 2,42	<b>0,069</b>	H <sub>0</sub> diterima
25 : 75	- 0,8	<b>0,535</b>	H <sub>0</sub> diterima
25 : 100	1,08	<b>0,404</b>	H <sub>0</sub> diterima
25 : 125	1,52	<b>0,244</b>	H <sub>0</sub> diterima
50 : 75	1,62	<b>0,215</b>	H <sub>0</sub> diterima
50 : 100	3,5*	0,011	H <sub>0</sub> ditolak
50 : 125	3,94*	0,005	H <sub>0</sub> ditolak
75 : 100	1,88	<b>0,152</b>	H <sub>0</sub> diterima
75 : 125	2,32	<b>0,081</b>	H <sub>0</sub> diterima
100 : 125	0,44	<b>0,732</b>	H <sub>0</sub> diterima

Sumber: *Output SPSS*, 2023

Uji lanjut *LSD* menunjukkan dosis yang mengalami penurunan kadar fosfat berbeda adalah kelompok kontrol dengan dosis 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, 125 mg/L, dosis 50 mg/L dengan dosis 100 mg/L, dan dosis 50 mg/L dengan dosis 125 mg/L.

Kelompok kontrol kurang mampu menurunkan kadar fosfat karena jika dibandingkan dengan semua variasi dosis, selisih *mean difference* nya negatif. Dosis yang juga memiliki perbedaan adalah dosis 50 mg/L dengan dosis 100 mg/L dan 125 mg/L, selisihnya positif artinya jika dilakukan koagulasi – flokulasi menggunakan serbuk kelor dengan dosis 50 mg/L penurunan kadar fosfatnya paling tinggi, dengan demikian kemampuan menurunkan kadar fosfat yang paling tinggi adalah dosis 50 mg/L.

Pada prinsipnya, semua dosis serbuk biji kelor sudah efektif untuk menurunkan angka kadar fosfat pada air limbah *laundry* tetapi belum maksimal. Faktor yang kemungkinan mempengaruhi proses koagulasi – flokulasi belum mencapai nilai maksimal yaitu kecepatan pengadukan, lama pengadukan, dan lama proses pengendapan flok. Selain itu, variabel pengganggu juga memungkinkan koagulasi – flokulasi kurang maksimal karena dengan seiring bertambahnya dosis serbuk biji kelor, nilai kekeruhan meningkat sehingga kadar fosfat masih relatif tinggi.

#### 4. Simpulan dan Saran

Serbuk biji kelor memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar fosfat pada air limbah *laundry*. Efektivitas penurunan kadar fosfat pada air limbah *laundry* setelah koagulasi – flokulasi dengan serbuk biji kelor mencapai 52,45%. Dosis yang memiliki kemampuan menurunkan kadar fosfat paling efektif yaitu dosis 50 mg/L. Saran kepada pemilik *laundry* supaya membuat Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) *laundry* sederhana dengan bahan biokoagulan dari serbuk biji kelor sebagai program pengamanan limbah cair khususnya pengolahan untuk menurunkan kadar fosfat pada air limbah *laundry* dan tidak langsung membuang air limbah *laundry* ke badan air.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang yang telah mendanai keberlangsungan jurnal ini.

#### 6. Daftar Pustaka

1. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. 55.

2. Indriyasari, E. (2021). Identifikasi Bakteri *Bacillus sp.* Sebagai Pengurai Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik Di Pulau Kodingareng Kota Makassar. Makassar. Universitas Hasanuddin. In *Pesquisa Veterinaria Brasileira* (Vol. 26, Issue 2). <http://www.ufrgs.br/actavet/31-1/artigo552.pdf>
3. Stefhany, C. A., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). Fitoremediasi Fospat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gongok (*Eichhornia crassipes*) Pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (*Laundry*). Bandung. Itenas Bandung. *Reka Lingkungan ©Teknik Lingkungan Itenas / No Fitoremediasi Fospat Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (*Laundry*), 1(1), 13–23.*
4. Juherah. (2018). Pengolahan Limbah Cair Dengan Elektrokogulasi Dalam Menurunkan Kadar Fosfat (PO<sub>4</sub>) Pada Limbah *Laundry*. Makassar. Poltekkes Kemenkes Makassar. *Bitkom Research*, 63(2).
5. Andriani, F. (2017). Efektivitas PAC (Poly Aluminium Chloride) Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr. Soerojo Magelang. Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 5(5), 659–665.
6. Rusydi, A. F. (2017). *Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi - Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Pengumbang Partikel Tersuspensi*. Bandung. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
7. Riwu, N. A. (2019). *Studi Tingkat Penurunan Kandungan Bod Dan Ph Pada Limbah Jasa Laundry Dengan Menggunakanserbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*)*. <https://core.ac.uk/download/pdf/236674561.pdf>
8. Lenggo, U. (2016). *Studi Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), Ferric Chloride (FeCl<sub>3</sub>), Aluminium Sulphate (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) dan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Dalam Menyisihkan Kekeuhan Air Baku Air Minum*. Skripsi. Padang. Universitas Andalas.
9. Simbolon, A. M. (2021). *Sustainable Industry: Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* (A. M. Simbolon (ed.); I. Yogyakarta. ANDI.
10. Andriansyah, D. M. (2020). *Potensi Bahan Koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride) Untuk Beberapa Sungai Di Wilayah Yogyakarta*. Yogyakarta. Jurusan Kesehatan Lingkungan. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
11. N.R.M, A. A. (2021). *The Effectiveness of Moringa oleifera L. Seeds as A Biocoagulant in Reducing Liquid Waste of The Soft Drink Industry*. 42–52.
12. Anggraeni, W. E. (2018). Fitoremediasi Fospat dengan Pemanfaatan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk.) Ditinjau dari jumlah dan waktu tinggal (Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Kecil *Laundry*). Semarang. Universitas Muhammadiyah Semarang. *Skripsi*, 7–26.
13. Yuliasatri, I. Y. (2010). *Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*)*. 1–84. Skripsi. Jakarta. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
14. Pemerintah Provinsi Jawa Tengah. *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012*. 3(September), 1-47.
15. Hermida, L., Agustian, J., & Kurniasari, B. (2021). Penggunaan Ekstrak Biji Kelor sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair *Laundry*. Bandar Lampung. Universitas Lampung. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 02(02), 028–034.
16. Aboagye, G., Navele, M., & Essuman, E. (2021). Protocols for Assessing Antibacterial and Water Coagulation Potential of *Moringa oleifera* Seed Powder.