

## EFEKTIVITAS PAC (*POLY ALUMINIUM CHLORIDE*) DALAM MENURUNKAN KADAR FOSFAT PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT JIWA Prof. Dr. SOEROJO MAGELANG

Fitria Andriani, Yusniar Hanani Darundiati, Hanan Lanang Dangiran  
Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Diponegoro  
Email: [fitriandri0203@gmail.com](mailto:fitriandri0203@gmail.com)

### Abstract

*Level of phosphate in RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang's waste water in 2016 still exceeded the quality standard according to Perda Jateng No. 5 of 2012 with average 3,63 mg/l. Advanced treatment processes to reduce phosphate can be done by chemical method that is coagulation flocculation with PAC (Poly Aluminum Chloride). This study aims to determine the effectiveness of PAC in reducing phosphate level of RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang's waste water. This research is a true experimental research with the post test only control group design. Data analysis using One Way Anova. The population in this research is waste water generated by RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang and the sample consisted of 35 liters effluent of waste water. The results showed that phosphate level before treatment was 3.25 mg/l, control group was 2.99 mg/l, and addition of PAC dose as much as 0.3 gr; 0.4 gr; 0.5 gr; 0.6 gr; and 0.7 gr produced phosphate with value 1.83 mg/l; 1.48 mg/l; 1.43 mg/l; 1.34 mg/l; and 1.08 mg/l. Statistical analysis showed that there was a significant difference in reducing phosphate levels after the addition of PAC with dose 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; 0,6 gr; and 0,7 gr. It can be concluded that PAC dose 0.3 gr is the most effective dose because can decrease phosphate in RSJ Dr. Soerojo Magelang's waste water with efficiency of 43.69%.*

**Keywords** : waste water, hospital, phosphate level, effectiveness, PAC  
**Bibliography** : 33, 1984 – 2016

### PENDAHULUAN

Pembuangan limbah yang banyak mengandung fosfat ke dalam air dapat menyebabkan pertumbuhan lumut dan mikro *algae* yang berlebihan yang disebut juga dengan eutrofikasi sehingga air menjadi keruh dan berbau karena pembusukan lumut-lumut yang mati.<sup>1</sup>

Banyak metode yang telah digunakan dalam proses penurunan kadar fosfat di dalam air, antara lain metode fisika, kimia, dan biologi. Namun metode yang paling efektif dalam penurunan kadar fosfat

adalah metode kimia yakni dengan mengikat senyawa-senyawa fosfat melalui penambahan koagulan, misalnya alum atau kapur.<sup>1</sup>

Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) merupakan salah satu koagulan yang efektif karena menghasilkan koagulasi air dengan kekeruhan yang berbeda dengan cepat, menggenerasi lumpur lebih sedikit, dan juga meninggalkan lebih sedikit residu aluminium pada air yang diolah.<sup>2</sup>

Berdasarkan data sekunder hasil pemeriksaan BBTKL PP Yogyakarta dengan sampel limbah *effluent* RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang menunjukkan hasil bahwa kandungan fosfat dalam limbah cair pada tahun 2015 rata-rata sebesar 3,81mg/l dan pada tahun 2016 rata-rata sebesar 3,63mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kadar fosfat dalam limbah cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang masih melebihi baku mutu menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu sebesar 2 mg/l.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai efektivitas PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dalam menurunkan kadar fosfat pada limbah cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah *explanatory* atau *confirmatory research* karena menjelaskan hubungan variabel-variabel melalui pengujian hipotesis. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen murni atau *true experimental research*. Metode ini digunakan apabila telah memenuhi tiga prinsip yaitu adanya randomisasi, replikasi, dan adanya kelompok / perlakuan kontrol atau pembanding.<sup>3</sup>

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan *the post test control group design*, dengan mengasumsikan bahwa sampel penelitian ini adalah homogen. Maka pengukuran awal tidak dilakukan, oleh karena dianggap sama untuk semua

kelompok yang berasal dari populasi yang sama.<sup>4</sup>

Sampel air limbah diambil dari *outlet* di instalasi pengolahan air limbah RSJ Prof. Dr. Soerojo yang dirancang dengan lima perlakuan untuk masing-masing dosis PAC dengan jumlah ulangan sebanyak 5 kali terhadap eksperimen.

Analisis bivariat menggunakan uji statistik metode analisis *One Way Anova* apabila data terdistribusi normal dan homogen, serta metode analisis Kruskal-Wallis apabila data terdistribusi tidak normal dan tidak homogen dengan *level of significancy* 95% ( $\alpha = 0,05$ ). Jika nilai probabilitas  $< \alpha$  menunjukkan bahwa hipotesis  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima yang berarti terdapat perbedaan yang bermakna. Uji normalitas data menggunakan uji Kolmogorov Smirnov dan uji homogenitas menggunakan uji *Levene*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Penentuan Dosis Optimum PAC

Variasi dosis PAC yang digunakan yaitu 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; 0,6 gr; dan 0,7 gr. Pengambilan sampel *effluent* dilakukan pada pukul 06.00-07.00 WIB. Sampel air diambil menggunakan jerigen dengan volume 10 liter dalam waktu 5 hari berturut-turut untuk masing-masing pengulangan. Kadar fosfat pada sampel air sebelum perlakuan yaitu sebesar 2,92 mg/l; 3,46 mg/l; 3,10 mg/l; 3,17 mg/l; dan 3,59 mg/l. Sebanyak 1 liter sampel air ditambahkan masing-masing koagulan PAC sebanyak 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; 0,6 gr; dan 0,7 gr. Kemudian dilakukan pengadukan cepat

dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 15 menit. Pada proses pengadukan cepat terbentuk flok-flok yang nantinya akan menjadi endapan berwarna kuning pada pengadukan lambat. Endapan yang terbentuk akan semakin banyak apabila dosis PAC yang ditambahkan semakin banyak pula.

Penambahan koagulan ke dalam limbah menyebabkan koloid dan partikel tersuspensi lainnya bergabung membentuk partikel berat (flok). Proses kontaminan seperti bahan pengotor padatan yang tidak dapat dihilangkan dengan penyaringan biasa. Penambahan koagulan PAC ke dalam limbah akan menetralkan partikel bermuatan negatif. Hal tersebut karena PAC memiliki muatan positif yang tinggi dan dapat mengikat koloid secara kuat untuk membentuk agregat.<sup>5</sup>

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar Fosfat Limbah Cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang

Ulangan	Rata-rata Kadar Fosfat (mg/l)		Efisiensi (%)
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	
Kontrol	3,25	2,99	8
0,3 gr	3,25	1,83	43,69
0,4 gr	3,25	1,48	54,46
0,5 gr	3,25	1,43	56
0,6 gr	3,25	1,34	58,77
0,7 gr	3,25	1,08	66,77

Proses selanjutnya yaitu melakukan pengendapan selama 30 menit. Pengendapan ini bertujuan untuk memberikan

waktu kepada flok-flok yang terbentuk agar dapat mengendap dengan sempurna. Kadar fosfat setelah perlakuan penambahan PAC yaitu sebesar 1,83 mg/l (dosis 0,3 gr); 1,48 mg/l (dosis 0,4 gr); 1,43 mg/l (dosis 0,5 gr); 1,34 mg/l (dosis 0,6 gr); dan 1,08 mg/l (dosis 0,7 gr), sehingga dari kadar sebelum dan sesudah perlakuan dapat dihitung efisiensi penurunan kadar fosfat yaitu sebesar 43,69%; 54,46%; 56%; 58,77%; dan 66,77%. Persentase penurunan kadar fosfat pada hasil penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian Hutomo (2015) yaitu dengan dosis PAC 0,75 gr dapat menurunkan kadar fosfat limbah cair laundry dengan efisiensi sebesar 88%.<sup>5</sup> Hasil penelitian ini juga lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Maretha N (2014) yaitu dosis larutan PAC 60ml/l dapat menurunkan kadar fosfat limbah cair laundry dengan efisiensi sebesar 90,24%.<sup>6</sup>

Tabel 2. Hasil Pengukuran pH Limbah Cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang

Ulangan	Rata-rata Tingkat pH	
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan
Kontrol	7,06	7,05
0,3 gr	7,06	6,59
0,4 gr	7,06	6,39
0,5 gr	7,06	6,31
0,6 gr	7,06	6,15
0,7 gr	7,06	5,87

Kadar fosfat terkecil dan efisiensi penurunan kadar fosfat terbesar terjadi pada perlakuan penambahan PAC dengan dosis

0,7 gr yaitu sebesar 1,08 mg/l dengan efisiensi sebesar 66,77%. Pada perlakuan tahap ini, nilai pH sebelum perlakuan yaitu sebesar 7,06. Setelah dilakukan penambahan PAC dengan variasi dosis 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; 0,6 gr; dan 0,7 gr nilai pH mengalami penurunan menjadi 6,59; 6,39; 6,31; 6,15; dan 5,87. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hutomo (2015) yang mengemukakan bahwa penggunaan PAC dengan dosis 1 gr dapat menurunkan tingkat pH sebesar 1-2.<sup>5</sup> Penambahan PAC sebagai koagulan akan menyebabkan pH limbah cair mengalami penurunan atau bersifat asam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar dosis PAC yang ditambahkan maka penurunan pH akan semakin besar pula.

Analisis bivariat menggunakan uji *One Way Anova* karena data berdistribusi normal dan homogen. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penurunan kadar fosfat limbah cair sesudah penambahan PAC dengan berbagai variasi dosis dengan signifikansi 0,001. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hutomo (2015) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna dari penambahan PAC dengan berbagai variasi dosis terhadap penurunan kadar fosfat limbah cair *laundry*.<sup>5</sup>

#### B. Efektivitas Perlakuan Penambahan PAC terhadap Kadar Fosfat

Penentuan dosis efektif PAC dengan variasi dosis 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; 0,6 gr; dan 0,7 gr dalam menurunkan kadar fosfat dapat dilakukan dengan beberapa langkah.

Pertama, menentukan variasi dosis PAC yang dapat menurunkan kadar fosfat hingga di bawah baku mutu pada perlakuan pendahuluan. Perlakuan pendahuluan bertujuan untuk memilih dosis efektif PAC yang kemudian dapat dijadikan acuan dalam menentukan variasi dosis pada perlakuan lanjutan. Kadar fosfat yang telah memenuhi baku mutu diperoleh pada penambahan dosis PAC 1 gr, 2 gr, dan 3 gr yang menghasilkan kadar fosfat sebesar 0,86 mg/l; 0,046 mg/l; dan 0,0013 mg/l. Oleh karena itu, dosis 1 gr dikatakan sebagai dosis optimum dikarenakan dengan dosis terkecil dapat menurunkan kadar fosfat di bawah baku mutu.

Langkah kedua yaitu menentukan variasi dosis PAC pada perlakuan lanjutan. Dosis 1 gr yang ditentukan pada perlakuan pendahuluan dijadikan sebagai acuan dalam penentuan variasi dosis pada perlakuan lanjutan. Oleh karena itu dipilih variasi dosis yang dapat menghasilkan kadar fosfat dengan rentang 0,86-2,00 diantaranya 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; 0,6 gr dan 0,7 gr. Penambahan dosis PAC tersebut menghasilkan kadar fosfat sebesar 1,83 mg/l; 1,48

mg/l; 1,43 mg/l; 1,34 mg/l; dan 1,08 mg/l. Dosis PAC 0,3 gr dipilih sebagai dosis optimum dikarenakan dengan dosis terkecil dapat menurunkan kadar fosfat di bawah baku mutu.

Langkah ketiga untuk menentukan dosis yang paling efektif adalah dengan mempertimbangkan syarat lain yang telah ditetapkan. Salah satu syarat tersebut yaitu nilai pH. Penambahan dosis PAC 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; 0,6 gr; dan 0,7 gr dapat menurunkan kadar fosfat di bawah baku mutu. Namun, penambahan dosis 0,7 gr menghasilkan nilai pH di luar ambang batas. Sehingga variasi dosis yang memiliki karakteristik limbah cair sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan yaitu dosis PAC 0,3 gr; 0,4 gr; 0,5 gr; dan 0,6 gr. Dari keempat dosis tersebut, dosis PAC 0,3 gr dipilih sebagai dosis efektif dalam menurunkan kadar fosfat di bawah baku mutu dengan nilai pH berada di rentang ambang batas.

Langkah keempat yaitu pertimbangan kondisi lapangan yang sesungguhnya. Jumlah endapan yang terbentuk pada penambahan PAC dengan dosis tinggi akan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah endapan yang terbentuk pada penambahan PAC dengan dosis rendah. Jumlah endapan yang semakin banyak akan memperbesar biaya yang harus dikeluarkan baik untuk pembersihan ataupun untuk pengolahan endapan. Endapan yang terlalu banyak juga dapat menghambat kinerja unit pengolahan lainnya.

Berdasarkan keempat langkah di atas, dapat disimpulkan bahwa dosis efektif PAC dalam menurunkan kadar fosfat limbah cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang adalah 0,3 gr. Alasan pemilihan dosis PAC 0,3 gr dikarenakan dengan dosis terkecil dapat menurunkan kadar fosfat di bawah baku mutu, menghasilkan nilai pH yang tidak melebihi ambang batas, dan dengan dosis tersebut tidak akan menghasilkan endapan lumpur yang terlalu banyak.

#### C. Implementasi Hasil Penelitian di IPAL RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang

Perhitungan kebutuhan bahan dan biaya koagulan PAC dengan dosis efektif 0,3 gr pada pengolahan limbah cair rumah sakit adalah sebagai berikut:

Volume limbah cair/hari = 9020 L

Dosis efektif = 0,3 gr

Harga PAC = Rp 9.600,- / kg

Kebutuhan PAC / hari :

=  $9020 \times 0,3$  gr

= 2706 gr / 2,71 kg

Biaya kebutuhan PAC/hari :

= 2,71 kg x Rp 9.600,-

= Rp 26.016,-

Berdasarkan penelitian ini, jika diimplementasikan di unit pengolahan limbah cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang yang telah memiliki sistem pengolahan limbah yang baik, perlu ditambahkan bak koagulasi dengan menambahkan koagulan PAC setelah proses klorinasi pada IPAL. Proses koagulasi pada penelitian ini menghasilkan endapan dari PAC yang telah mengikat fosfat. Endapan tersebut dapat dimanfaatkan

sebagai lumpur aktif pada proses pengolahan SBR. Unit pengolahan lanjutan ini juga dirancang dengan mempertimbangkan fluktuasi kuantitas limbah cair yang berasal dari unit utama dan fluktuasi kualitas air limbah terutama kadar fosfat sehingga debit air limbah dan jumlah koagulan dapat diatur sedemikian rupa agar memperoleh *effluent* pada *outlet* yang memenuhi baku mutu.

Diketahui bahwa limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit yaitu kurang lebih 9,02 m<sup>3</sup> atau setara dengan 9020 liter per harinya. Variasi dosis PAC yang efektif digunakan oleh peneliti adalah 0,3 gr. Maka, RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang sebaiknya menambahkan PAC pada bak koagulasi sebelum proses klorinasi sebanyak 2,71 kg PAC per harinya, atau tergantung dengan jumlah limbah yang dihasilkan.

Penambahan PAC pada pengolahan limbah cair memerlukan pembangunan unit pengolahan lanjutan yang memerlukan biaya. Perawatan unit lanjutan pun memerlukan biaya yang tidak sedikit. Kondisi ini menjadi hambatan dalam implementasi hasil penelitian. Selain itu, penambahan PAC membutuhkan operator yang paham dan dapat mengawasi proses IPAL serta memantau nilai pH pada *effluent*. Nilai pH akan semakin asam saat dilakukan proses pengolahan lanjutan sehingga dibutuhkan proses pengolahan dengan tujuan untuk menaikkan pH agar tidak melebihi baku mutu yang

membutuhkan biaya tambahan lebih besar.

## KESIMPULAN

1. Kadar fosfat pada *effluent* limbah cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang sebelum perlakuan yaitu rata-rata sebesar 3,25 mg/l.
2. Kadar fosfat pada *effluent* limbah cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang setelah perlakuan penambahan PAC yaitu sebesar 1,83 mg/l (dosis 0,3 gr); 1,48 mg/l (dosis 0,4 gr); 1,43 mg/l (dosis 0,5 gr); 1,34 mg/l (dosis 0,6 gr); dan 1,08 mg/l (dosis 0,7 gr).
3. Dosis PAC 0,3 gr merupakan dosis efektif dalam menurunkan kadar fosfat hingga di bawah baku mutu menurut Perda Jateng No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah (2 mg/l).
4. Efisiensi penurunan kadar fosfat pada *effluent* limbah cair RSJ Prof. Dr. Soerojo Magelang setelah perlakuan penambahan PAC yaitu sebesar 43,69% (dosis 0,3 gr); 54,46% (dosis 0,4 gr); 56% (dosis 0,5 gr); 58,77% (dosis 0,6 gr); dan 66,77% (dosis 0,7 gr).
5. Terdapat perbedaan bermakna penurunan kadar fosfat sesudah penambahan PAC dengan berbagai variasi dosis ( $p=0,001$ ).

## DAFTAR PUSTAKA

1. Budi SS. Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapur (Lime), Tawas, dan Filter Zeolit pada Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta [Internet]. Universitas Diponegoro; 2006. Available from: [eprints.undip.ac.id/18012/1/Sudi\\_](http://eprints.undip.ac.id/18012/1/Sudi_)

Setyo\_Budi.pdf

2. Kristijanti P. Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X. Parahyangan; 2015.
3. Kasira M. Metodologi Penelitian. Malang: UIN-Malang Press; 2008.
4. John J. Metodologi Penelitian Psikologi. Soetjipto HP, editor. Yogyakarta: Pustaka Pelajar; 2007.
5. Wahyu S, Hutomo S. Keefektifan Dosis Poly Alumunium Chloride (PAC) dalam Menurunkan Kadar Phosphate pada Air Limbah Laundry di Gatak Gede Boyolali [Internet]. Surakarta; 2015. Available from: [eprints.ums.ac.id/39876/1/10 NASKAH PUBLIKASI.pdf%0A](http://eprints.ums.ac.id/39876/1/10_NASKAH_PUBLIKASI.pdf%0A)
6. Adysti M, Oktiawan W, Rezagama A. Pengolahan Limbah Laundry dengan Penambahan Polyaluminium Chloride (PAC) dan Filter Karbon Aktif. Jurnal Teknik Lingkungan [Internet]. 2014;3(4). Available from: [eprints.ums.ac.id/39876/1/10 NASKAH PUBLIKASI.pdf](http://eprints.ums.ac.id/39876/1/10_NASKAH_PUBLIKASI.pdf)