

Perbedaan Efektivitas Variasi Konsentrasi Feri Klorida DAN *Polyalumunium Chloride* dalam Menurunkan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Air Lindi TPA Jatibarang Kota Semarang

Kartika Permatasari^{*)}, Onny Setiani^{**)}, Mursid Raharjo^{**)}

^{*)}Mahasiswa Peminatan Kesehatan Lingkungan FKM UNDIP

^{**)}Dosen Bagian Kesehatan Lingkungan FKM UNDIP

e-mail : tikasari517@yahoo.co.id

ABSTRACT

Volume of solid waste increases every year. The amount is equal with the increase of volume of leachate in landfill. The result of earlier COD examination is 5011,34 mg/l. The number surpasses the standard which is stated in the minister of environment regulation number 5 years 2014 for water type II which is 300 mg/l. The high level of leachate COD causes eutrophication and impairment of water use. The research aims to tell the difference between the effectiveness of PAC and Ferry Chloride in lowering COD level of TPA Jatibarang Semarang leachate using concentration variations. The kind of research is by experimenting with pretest-posttest design. The sample is taken from leachate in landfill. The method of sample examination uses covered reflux spectrophotometrically and the analysis of data uses both Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test. The average of the results in examining COD is 4858,5 mg/l. The percentages of the decline in COD level by using PAC concentration variations which are 4%, 8%, and 12% successively are 3.9%, 6.9% and 6.7%. Meanwhile, by adding Ferry Chloride with the same concentrations, successively decrease the COD levels into 9.21%, 36.62%, and 36.74%. The result of Kruskal-Wallis test shows that there are differences in the decline percentages of COD level after treatment using PAC and Ferry Chloride (p-value 0.040 and 0.041). The result of Mann-Whitney test shows that the differences in the decrease of COD level of leachate is significant (p-value=0.05). However, the concentration of 12% Ferry Chloride is the concentration that lowers the greatest COD level, although it hasn't reached the quality standard yet.

Keyword : COD, Leachate, PAC, Ferry Chloride

Bibliography : 12

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk setiap tahunnya dapat menyebabkan peningkatan produksi sampah di kota. Peningkatan jumlah produksi sampah terjadi di berbagai daerah, tidak terkecuali kota Semarang. Kota Semarang dengan luas wilayah 373,70 km². Penduduk tahun 2013 mencapai 1.644.800 jiwa kemudian tahun 2014 menjadi 1.672.999 jiwa.¹ Pertambahan jumlah penduduk berbanding lurus dengan pertambahan volume sampah. Volume sampah yang

makin meningkat akan membuat peningkatan jumlah air lindi yang dihasilkan. Sampah yang dihasilkan di olah masyarakat kota Semarang, semuanya akan ditampung di sebuah TPA. TPA yang ada di kota Semarang adalah TPA Jatibarang. TPA ini digunakan untuk menampung semua sampah yang ada di kota Semarang.

TPA Jatibarang dalam pengelolaan air lindinya, masih ada yang melebihi baku mutu pada beberapa parameter.

Beberapa parameternya yaitu COD, BOD, TDS, dll. Kadar COD merupakan parameter dalam air lindi di TPA yang Kandungan COD yang tinggi akan mengurangi kemampuan badan air dalam menjaga ekosistem yang ada.² Parameter kimia air limbah yaitu COD sering diukur sebagai salah satu indikator terdapatnya pencemaran limbah di suatu perairan. COD (*Chemical Oxygen Demand*) dapat dijadikan sebagai ukuran dari pencemaran air oleh zat-zat organik secara alamiah dapat maupun tidak dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

Pengolahan limbah cair dengan proses kimia merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam proses pengolahan limbah cair. Bahkan di dalam proses fisika dan biologi pun di dalamnya sering ditambahkan bahan kimia (proses secara kimia) secara bersamaan. Limbah yang mengandung COD tinggi, akan lebih cepat turun bila proses pengolahannya adalah secara kimia.³

Terdapat beberapa penelitian yang mengamati tentang kadar COD di berbagai limbah. Salah satunya adalah penelitian mengenai penurunan kadar COD pada air lindi TPA Piyungan di Bantul dengan menggunakan tiga variasi media filter, mampu menurunkan kadar COD menjadi 404.9 (78,38%).⁴ Pengolahan ini termasuk pengolahan air limbah secara kimia-fisika, namun dari hasil penelitian disimpulkan bahwa dengan penggunaan media filter belum mampu menurunkan hingga memenuhi baku mutu yaitu sebesar 200 mg/l. Sehingga perlu adanya alternatif lain untuk menurunkan COD hingga dibawah baku mutu. Alternatif yang dapat digunakan adalah menggunakan koagulan feri klorida maupun PAC atau pengolahan secara kimia.

Dari beberapa uraian tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan kajian mengenai penggunaan koagulan dalam menurunkan kadar COD pada air lindi TPA Jatibarang. Koagulan yang digunakan adalah feri klorida dan PAC.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbedaan efektivitas feri

klorida dan PAC dengan berbagai variasi konsentrasi untuk menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) air lindi TPA Jatibarang Semarang.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian *true experiment design*, dengan desain penelitian *the pretest - posttest with control groups*.

Lokasi penelitian di TPA Jatibarang kota Semarang, kemudian dibawa ke laboratorium terpadu FKM UNDIP untuk dilakukan perlakuan. Sedangkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperiksa di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik UNDIP.

Penelitian dilakukan dengan menguji tiga yaitu kelompok pretest, kontrol dan posttest. Kelompok pretest adalah kelompok dengan air lindi yang tidak mengalami perlakuan sama sekali. Kelompok kontrol adalah kelompok yang mendapatkan perlakuan dengan menggunakan jar test. Sedangkan kelompok posttest adalah kelompok yang mendapatkan semua perlakuan.

Populasi dalam penelitian ini adalah semua air lindi yang ada di TPA Jatibarang kota Semarang. Sampel dalam penelitian ini adalah air lindi yang akan mengalir ke pengolahan air lindi.

Pengumpulandata primer dilakukan dengan pengamatan di sekitar TPA Jatibarang kota Semarang, data yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Semarang UPTD TPA Jatibarang.

Uji statistik yang digunakan yaitu dimulai dari uji normalitas data kemudian uji statistik dengan *krusskal wallis* dan *Mann Whitney* dengan nilai $\alpha = 0,05$.⁵

HASIL PENELITIAN

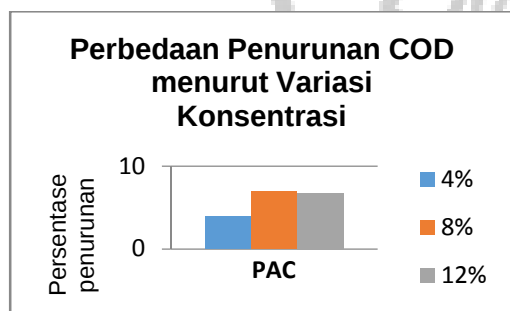
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Suhu Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Tabel 4.1 diatas, menunjukkan bahwa suhu pada air lindi sesudah perlakuan mengalami kenaikan suhu sebesar 1,33 – 3,67 °C dari suhu awal dan terjadi penurunan suhu sebesar 2,33° – 3,33 °C. Suhu rata-rata pada air lindi sebelum mengalami perlakuan adalah 25,33 – 29,67 °C. Sedangkan suhu akhir limbah berkisar antara 26,67 – 29,33 °C.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran pH Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Perla-kuan	Waktu	pH	Selisih
Kadar air	Pretest	7,71	
	kontrol	7,76	0.05
4 % FeCl ₃	Sebelum	7,77	
	Setelah	6,33	1.44
8 % FeCl ₃	Sebelum	7,75	
	Setelah	5,7	2.05
12 % FeCl ₃	Sebelum	7,78	
	Setelah	5,02	2.76
4 % PAC	Sebelum	7,60	
	Setelah	7,44	0.16
8 % PAC	Sebelum	7,61	
	Setelah	7,23	0.38
12 % PAC	Sebelum	7,68	
	Setelah	7.05	0.63

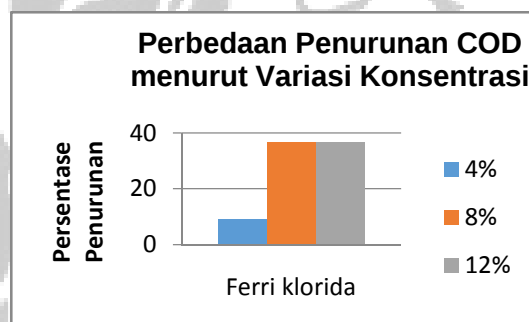
Menurut tabel 4.2, menunjukkan bahwa perlakuan dengan pemberian koagulan feri klorida maupun PAC membuat perubahan terhadap pH air lindi. PH rata-rata air lindi sebelum mengalami perlakuan 7,6 – 7,78. Selisih rata-rata penurunan pH setelah perlakuan antara 0,05 – 2,76. PH air lindi yang mengalami penurunan paling tajam adalah pada pemberian konsentrasi 12 % FeCl₃.



Berdasarkan grafik 4.1, penambahan variasi konsentrasi koagulan PAC yaitu 4

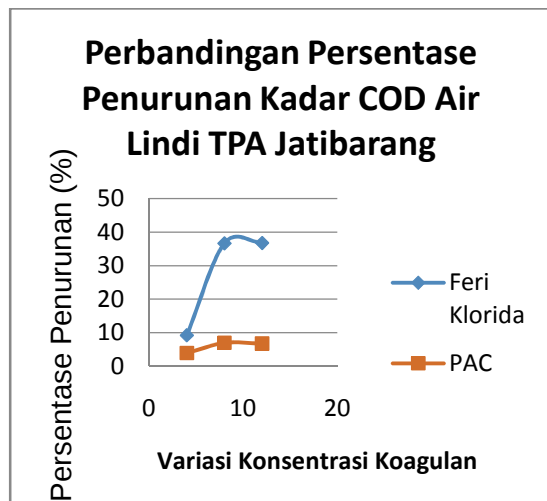
konsent rasi	Waktu	Suhu	Selisih
Kadar Awal	Pretest	25,33	
	Posttest	28,67	3,33
4 %	Sebelum	29,33	
FeCl ₃	Setelah	26,67	2,67
8 %	Sebelum	29,33	
FeCl ₃	Setelah	26,67	2,67
12 %	Sebelum	26	
FeCl ₃	Setelah	28,33	2,33
4 %	Sebelum	29,33	
PAC	Setelah	28	1,33
8 %	Sebelum	29,67	
PAC	Setelah	26,67	3
12 %	Sebelum	25,67	
PAC	Setelah	29,33	3,67

%, 8 %, dan 12 %. Konsentrasi 8 % dari koagulan PAC membuat penurunan terbesar kadar COD pada air lindi, yaitu penurunannya sebesar 6,9 %. Sehingga penggunaan koagulan PAC belum bisa membuat kadar COD di air lindi turun hingga di bawah baku mutu.



Gambar 4.2 grafik perbedaan penurunan COD menurut variasi konsentrasi koagulan feri klorida

Berdasarkan grafik 4.2, penurunan kadar cod dengan persentase terbesar terjadi pada konsentrasi 12 % (36,7 %). Sedangkan pada konsentrasi 8 %, terjadi penurunan sebesar 36,6 %. Dan pada konsentrasi 4 %, terjadi penurunan terkecil,yaitu hanya 9,2 %.



Gambar 4.3 grafik Perbandingan Persentase Penurunan Kadar COD (*Chemical Oxygen demand*) Air Lindi TPA Jatibarang

Menurut grafik 4.3, menunjukkan bahwa koagulan feri klorida, mengalami penurunan yang lebih besar dibandingkan koagulan PAC. Feri klorida pada konsentrasi 4 % mengalami penurunan sebesar 9,2 %, sedangkan pada PAC pada konsentrasi 4 %, hanya mengalami penurunan sebesar 3,9 %. Pada konsentrasi 8 % PAC, terjadi penurunan sebesar 36,6 %, sedangkan pada konsentrasi yang sama pada koagulan PAC hanya terjadi penurunan sebesar 6,9 %. Konsentrasi 12 % feri klorida merupakan konsentrasi terbesar dalam penelitian dengan menggunakan koagulan feri klorida, pada konsentrasi ini, terjadi penurunan sebesar 36,7 %. Sedangkan pada koagulan PAC dengan konsentrasi yang sama dan merupakan konsentrasi terbesar hanya mengalami penurunan sebesar 6,7 %. Jika dibandingkan dengan konsentrasi sebelumnya, maka koagulan PAC mengalami kenaikan kadar COD pada konsentrasi 12 %.

PEMBAHASAN

Kadar COD Awal Air Lindi TPA Jatibarang

Kadar COD yang diuji menggunakan sampel air lindi yang akan masuk ke pengolahan air lindi. Sampel diambil menggunakan jerigen, dimana jerigen

dimasukkan ke dalam saluran air lindi, namun tidak sampai menyentuh tanah.

Sampel yang digunakan untuk pengujian kadar COD awal digunakan untuk menguji dua kelompok yaitu kelompok pretest dan kontrol. Kelompok pretest dalam penelitian ini tidak mengalami perlakuan sama sekali langsung dimasukkan ke dalam botol sampel. Sedangkan pada kelompok kontrol, pada penelitian ini mengalami perlakuan dengan jar test (pengadukan cepat dan lambat). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perbedaan kadar COD pada kelompok pretest dengan kelompok kontrol. Kelompok kontrol pada penelitian ini mengalami kenaikan setelah perlakuan dengan jar test. Kenaikan kadar COD, pada air lindi disebabkan karena adanya perubahan suhu. Perubahan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas (kekentalan), reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Perubahan suhu juga dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, seperti oksigen, karbon dioksida, N_2 dan sebagainya. Oleh karena itu, bila kadar viskositas menjadi lebih tinggi maka kadar bahan organik yang terdapat di dalam air lindi akan semakin banyak dan menyebabkan kebutuhan oksigen semakin tinggi. Viskositas juga berhubungan dengan bertambahnya jumlah mikroorganisme yang terdapat dalam air.⁶

Penelitian lain yang dilakukan oleh Esmiralda (2012) kadar COD air lindi TPA Air Dingin Kota Padang yaitu 1093,67 mg/l.⁷ Sedangkan dari hasil studi pendahuluan yang dilakukan peneliti pada air didapatkan hasil kadar COD 3061 mg/l. Sehingga dapat dikatakan kadar COD air lindi tidak tetap atau fluktuatif. Kadar COD hasil dari pengujian terbilang tinggi dibanding saat studi pendahuluan. Sehingga perlu adanya pengelolaan air lindi lebih lanjut, agar air lindi yang akan dibuang ke badan air tidak mencemari lingkungan.

Kadar COD dan Persentase Penurunannya dengan Penambahan Feri Klorida ($FeCl_3$)

Penelitian terhadap kadar COD di air lindi TPA Jatibarang bertujuan untuk mengetahui efektifitas penurunan kadar COD dengan perlakuan. Perlakuan yang dilakukan dengan cara 1000 ml air lindi dimasukkan kedalam gelas beker ukuran 1000 ml kemudian ditambahkan koagulan feri klorida dengan variasi konsentrasi yang berbeda-beda yaitu konsentrasi 4 %, 8% dan 12 %. Masing - masing gelas beker mengalami pengadukan cepat dan lambat berturut-turut 120 rpm selama 2 menit dan 20 rpm selama 20 menit. Hasil pemeriksaan COD pada air lindi TPA Jatibarang setelah penambahan variasi konsentrasi koagulan feri klorida menunjukkan penurunan.

Kadar COD yang mengalami penurunan pada semua variasi konsentrasi, berturut-turut menjadi 4410,87 mg/l (9,2 %), 3078,97 mg/l (36,6%) dan 3073,5 mg/l (36,7 %) dari rata-rata kadar COD awal tanpa perlakuan 4858,5 mg/l. Penurunan kadar COD pada penelitian ini terbesar pada konsentrasi 12 % dengan penurunan sebesar 36,7 % dari kadar COD awal. Hal ini berarti kadar COD belum memenuhi persyaratan yang diatur di dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 yaitu untuk perairan golongan II sebesar 300 mg/l.⁸

Kadar COD dengan Penambahan PAC (Polyaluminium Chloride) ($Al_{10}(OH)_{15}Cl_{15}$)

Pemberian perlakuan dengan penambahan PAC sama dengan perlakuan dengan penambahan koagulan feri klorida. Air lindi yang mengalami tahapan yang sama dengan koagulan feri klorida dimulai dari penambahan koagulan dengan 3 variasi konsentrasi dan pengadukan menggunakan jar test. Perlakuan pada air lindi mengalami pengulangan sebanyak 4 kali.

Kadar COD yang mengalami penurunan pada semua variasi konsentrasi, berturut-turut menjadi 4667,3 mg/l (3,9 %), 4519,9 mg/l (6,9 %) dan 4530,8 mg/l (6,7 %) dari rata-rata kadar COD awal tanpa perlakuan 4858,5 mg/l. Penurunan kadar COD pada penelitian ini terbesar pada konsentrasi 8 % dengan

penurunan sebesar 6,9 % dari kadar COD awal. Hal ini berarti kadar COD belum memenuhi persyaratan yang diatur di dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 yaitu untuk perairan golongan II sebesar 300 mg/l.⁸

Jika dibandingkan dengan koagulan feri klorida, maka koagulan PAC tidak efektif dalam menurunkan kadar COD air lindi TPA. Penurunan yang diakibatkan penambahan koagulan PAC tidak ada yang melebihi 10 %. Berbeda dengan penurunan yang dialami air lindi setelah dilakukan intervensi dengan menggunakan feri klorida.

Penurunan kadar COD dengan koagulan PAC pada hasil penelitian tidak linier (bertingkat). Penurunan yang tidak linier ini dapat terlihat pada konsentrasi 8 % ke 12 %. Karena pada konsentrasi 12 % terjadi kenaikan sebesar 0,2 %. Penurunan yang tidak linier tersebut disebabkan karena pada konsentrasi tertentu koagulan PAC telah mencapai titik maksimum dalam menurunkan kadar COD pada air lindi. Selain itu penurunan yang tidak linier karena terjadi kenaikan kadar COD. Penyebab kenaikan kadar COD pada air lindi, dipengaruhi oleh adanya perubahan suhu. Hubungan kenaikan kadar COD dengan perubahan suhu adalah suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi yang terdapat di dalam air lindi. Perubahan suhu dapat juga mengakibatkan peningkatan viskositas (kekentalan), reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Perubahan suhu juga dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, seperti oksigen, karbon dioksida, N_2 dan sebagainya. Data suhu yang diambil saat penelitian, diperoleh hasil bahwa terjadi perubahan suhu sebelum dan sesudah perlakuan. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penurunan kadar COD tidak linier dapat dikarenakan adanya perubahan suhu yang terjadi di air lindi.

Hasil Pengukuran Suhu dan pH pada Penelitian

Derajat keasaman atau pH awal air lindi berada pada nilai pH 7.6 - 7.78. Kemudian setelah diberi perlakuan dengan menggunakan koagulan terjadi

perubahan yang sangat besar pada pH. PH pada air lindi dengan penambahan koagulan feri klorida berubah menjadi 5,02 (12 % feri klorida) – 6,33 (4 % feri klorida) (lihat tabel 4.10). Ini berarti semakin tinggi konsentrasi yang diberikan akan membuat penurunan pH pada air lindi yang diberi perlakuan. Sedangkan pada air lindi yang diberikan koagulan PAC pH berkisar 7,085 (12 % PAC) – 7,44 (4 % PAC). Ini berarti semakin tinggi konsentrasi yang diberikan, membuat penurunan pH menjadi lebih asam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pH yang memenuhi baku mutu hanya pada koagulan PAC, sedangkan pH akibat perlakuan dengan feri klorida masih dibawah baku mutu. Baku mutu untuk pH yang dibuang ke badan air adalah 6 – 9. Feri klorida bekerja efektif pada pH 4 – 12, sedangkan PAC bekerja efektif 6 – 9. Namun, bila pH tidak sesuai dengan pada ketentuannya, maka koagulan tidak dapat bekerja efektif.

Suhu awal air lindi pada penelitian ini berbeda-beda. Pengukuran dilakukan di awal dan setelah pemberian koagulan. Pengolahan menggunakan koagulan PAC suhu mengalami penurunan 0,75 -2,5 dari suhu awal. Sedangkan pada air lindi yang mengalami perlakuan menggunakan feri klorida mengalami penurunan 2,5 -2,75 dari suhu awal saat dilakukan pengambilan data. Perubahan suhu yang terjadi pada air lindi terjadi akibat suhu ruangan dari Laboratorium Terpadu Fakultas Kesehatan Masyarakat yang rendah sehingga mempengaruhi suhu pada air lindi tersebut.

Efektifitas penambahan koagulan PAC (Polyaluminium Chloride) dan feri klorida

Konsentrasi yang paling optimum menurunkan kadar COD adalah konsentrasi 12 % dengan bahan kimia feri klorida, karena persentase penurunannya yang paling tinggi diantara variasi konsentrasi lainnya dan bahan kimia lainnya. Perbandingan persentase penurunan kadar COD tersebut diketahui bahwa bahan kimia feri klorida dengan konsentrasi 12 % penurunan lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi yang sama pada koagulan PAC.

Konsentrasi 12 % merupakan konsentrasi terbesar yang digunakan pada penelitian ini. Penurunan yang ditimbulkan dari penambahan konsentrasi 12 % feri klorida dari kadar COD awal sebesar 4858,5 mg/l, mengalami penurunan sebesar 36,7 %. Bahan kimia feri klorida lebih efektif dibandingkan dengan bahan kimia PAC karena feri klorida lebih cepat berikatan dengan bahan-bahan organik yang ada di dalam air lindi dan cepat dalam membentuk flok di dasar gelas beker. Penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Irfan, Mesir (2013) tentang penurunan kadar COD pada air limbah pabrik kertas di Negara Pakistan menggunakan beberapa koagulan. Dimana penurunan yang paling besar menggunakan koagulan feri klorida dan koagulan PAC berada di posisi kedua.⁹

Air lindi yang masih mengandung kadar COD tinggi dibuang ke lingkungan maka dapat mencemari lingkungan. Dimana badan air yang paling dekat dengan air lindi adalah sungai Kreo, sungai Kreo ini bermuara ke sungai Kaligarang yang menjadi sumber air bagi PDAM kota Semarang.

Kadar COD yang tinggi, menyebabkan terjadinya peningkatan produktivitas primer perairan sebagai akibat pengayaan (*enrichment*) air dengan nutrient/unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan disebut eutrofikasi. Eutrofikasi tersebut menyebabkan ledakan pertumbuhan fitoplankton dan atau zooplankton yang disebut "*blooming*". Selain itu eutrofikasi juga menyebabkan pertumbuhan tumbuhan air, khususnya alga dan bakteri secara melimpah. Hal ini menyebabkan badan air menjadi keruh dan bau.

Nilai COD yang melebihi nilai baku mutu yang ditentukan untuk perairan menunjukkan bahwa terdapatnya mikroorganisme dalam air. Mikroorganisme yang biasanya terdapat dalam air yang mengandung COD tinggi adalah bakteri *E. Coli* dan *Streptococcus Faecalis*. Bagi orang yang sengaja atau tidak sengaja mengonsumsi air dengan kadar COD tinggi maka mikroorganisme yang terdapat didalam air tersebut dapat menyebabkan disentri, diare, gangguan

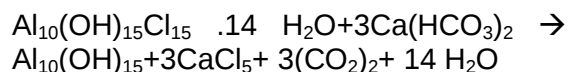
pada usus, juga kemampuannya menimbulkan infeksi pada jaringan tubuh di luar usus dan gangguan pencernaan lainnya.

Mekanisme koagulasi-flokulasi yang terjadi, yaitu dimulai dari penambahan koagulan ke dalam air sampel. Air sampel/air lindi mengandung partikel koloid yang bermuatan negatif. Partikel koloid yang dimaksud dalam penelitian ini adalah bahan organik yang terdapat di dalam air lindi. Karena adanya pengaruh muatan negatif tersebut, ion-ion positif yang terdapat pada koagulan feri klorida akan tertarik ke sekeliling partikel koloid dan membentuk suatu lapisan yang berupa, yang disebut awan ionik. Awan ionik ini akan menimbulkan gaya potensial elektrostatik yang dapat menyebabkan timbulnya gaya tolak-menolak antara partikel koloid, yang membuat koloid mempunyai sifat stabil.

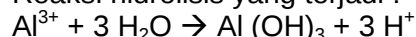
Ketika suatu koagulan ditambahkan, koagulan tersebut akan terionisasi di dalam air. Ion-ion inilah yang kemudian akan mengurangi gaya potensial elektrostatik yang ada. Hal ini dimungkinkan sebab ion-ion tersebut akan mengkompresi lapisan awan ionik, sehingga membuat gaya van der Waals menjadi lebih dominan dibanding dengan potensial elektrostatik. Karena gaya yang ditimbulkan oleh potensial elektrostatik semakin melemah, maka ion aquometalik yang memiliki afinitas yang besar akan terserap ke permukaan koloid, sehingga atau destabilisasi (gaya tarik-menarik) koloid terjadi. Setelah proses destabilisasi terjadi, maka awan ionik yang tadinya menyelubungi partikel koloid menghilang, sehingga kontak antar partikel koloid satu dengan yang lainnya dapat terjadi.

Semakin tinggi konsentrasi koagulan yang ditambahkan, maka semakin banyak ion-ion aquometalik yang mendestabilisasi koloid, sehingga semakin banyak flok yang terbentuk dan akhirnya mengendap. Hal ini menyebabkan persentase keefektifan koagulan meningkat.¹⁰

Setelah terbentuk ion aquometalik atau flok, kemudian dibiarkan flok tersebut mengendap di dasar gelas beker secara gravitasi / jatuh ke dasar gelas beker. Proses reaksi dengan PAC, yaitu

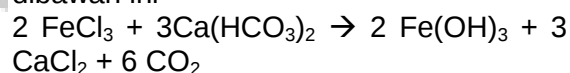


Reaksi hidrolisis yang terjadi :

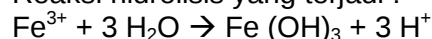


Koagulan PAC ketika pengadukan cepat dengan menggunakan jar test, koagulan PAC segera bereaksi dengan *natural alkalinity* yang terdapat dalam air, yaitu biasanya adalah $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ untuk membentuk ion aquometalik $\text{Al}_{10}(\text{OH})_{15}$ atau nama lain dari flok. Namun pada kondisi sebenarnya, ada beberapa tahapan reaksi yang terjadi, yang harus dilalui, yaitu ionisasi $\text{Al}_{10}(\text{OH})_{15}\text{Cl}_{15}$ dalam air untuk membentuk anion dan kation yang diikuti dengan reaksi hidrolisis antara Al^{2+} dengan H_2O , untuk membentuk ion aquometalik dan ion hidrogen.¹¹

Sedangkan untuk koagulan feri klorida, reaksi kimia yang terjadi seperti dibawah ini



Reaksi hidrolisis yang terjadi :



Feri klorida ketika pengadukan cepat dengan jar test, segera bereaksi dengan *natural alkalinity* yang terdapat di dalam air, yaitu biasanya adalah $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ untuk membentuk ion aquometalik $2 \text{Fe}(\text{OH})_3$ atau nama lain dari flok. Namun pada kondisi sebenarnya ada beberapa tahapan reaksi yang terjadi, yang harus dilalui yaitu ionisasi FeCl_3 dalam air untuk membentuk anion dan kation yang diikuti dengan reaksi hidrolisis antara Fe dengan H_2O , untuk membentuk ion aquometalik dan ion hidrogen.

Semakin besar konsentrasi yang ditambahkan ke air sampel maka semakin tinggi reaksi pengikatan antara anion dan kation melalui reaksi hidrolisis dan ionisasi terhadap bahan organik yang ada di dalam air lindi. Bahan organik yang terkandung dalam air lindi memiliki muatan negatif sehingga berikatan dengan ion positif yang terkandung dalam koagulan. Ikatan tersebut membentuk flok yang besar setelah mengalami proses pengadukan lambat dimana partikel saling bertubrukan dan mengalami pengikatan antara anion dan kation untuk kemudian mengendap karena memiliki berat.¹²

Feri klorida merupakan suatu senyawa kimia yang dipergunakan sebagai koagulan dan membentuk endapan hidroksida besi karena terjadi reaksi hidrolisis di air. Feri klorida salah satu jenis koagulan primer. Koagulan primer adalah bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan secara gravitasi. Kekeruhan dan warna dapat dihilangkan melalui penambahan koagulan atau sejenis bahan – bahan kimia. Namun berbeda dengan PAC yang termasuk kedalam jenis koagulan aid. Koagulan aid berfungsi mempercepat pembentukan flok, memperkeras flok yang terbentuk, dan memacu proses koagulasi. Sehingga dapat dikatakan feri klorida merupakan koagulan yang lebih utama dibandingkan dengan koagulan PAC. Feri klorida merupakan koagulan oksidator yang sangat baik, yang juga dapat menghilangkan gas H_2S , rasa, dan bau. Kadar COD air lindi sangatlah tinggi, sehingga bila diberikan pengolahan secara kimia merupakan cara paling efektif dan dari segi waktu lebih cepat. Reaksi kimia yang terjadi setelah pemberian koagulan disebut reaksi hidrolisis. Reaksi hidrolisis adalah pemecahan ikatan kimia akibat reaksi air. Pemecahan ikatan kimia yang dimaksud adalah kandungan bahan kimia yang ada didalam koagulan feri klorida. Dalam pengolahan air, feri klorida mampu mengikat bahan-bahan organik dengan cepat, dan pengendapan yang terjadi lebih cepat. Walaupun akan terbentuk endapan yang mengandung besi, namun itu semua dapat dihilangkan dengan penambahan koagulan aid, misal PAC.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh disimpulkan bahwa COD awal adalah 4858,5 mg/l. Kadar ini melebihi baku mutu yang telah ditentukan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 yaitu sebesar 300 mg/l.

Koagulan yang paling efektif dalam menurunkan COD air lindi TPA Jatibarang Semarang adalah koagulan feri klorida dan konsentrasi yang efektif adalah 12 %.

Sedangkan koagulan PAC kurang efektif dalam menurunkan kadar COD di air lindi.

Faktor yang menyebabkan ketidakefektivitasan dari koagulan adalah karena adanya perubahan suhu.

Saran berdasarkan penelitian adalah sebagai berikut:

- Diperlukan penelitian lanjutan untuk peningkatan ph agar dibawah baku mutu setelah penambahan feri klorida
- Bagi Dinas Kebersihan dan Pertamanan UPTD TPA Jatibarang kota Semarang agar memberikan tambahan tahapan pengolahan yaitu dengan penambahan koagulan feri klorida dengan konsentrasi 27,29 % dalam 1 liter air lindi pada waktu pengolahan air lindi (*leachate*) sebelum dibuang ke lingkungan
- Dibutuhkan penelitian lebih lanjut tentang hubungan warna dan tingkat kekeruhan terhadap pengaruh penurunan COD dengan penambahan koagulan

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. *Penduduk Jawa Tengah Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kelamin Tahun 2013 - 2014*. Kota Semarang : BPS; 2015. Diakses pada website : <http://jateng.bps.go.id>
- Mahida, U.N. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: C.V. Rajawali. Hal 27-28 ; 1981.
- Alaerts, G. dan Santika, S.S . *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional: Surabaya ; 1984.
- Zulfahmi, Reza. *Efektivitas Karbon Aktif, Pasir Silika dan Campurannya dalam Menurunkan Kadar COD pada Air Lindi TPA Piyungan Kabupaten Bantul*. Semarang : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro ; 2010.
- Ichram, M. *Metodologi Penelitian di Bidang Kesehatan, Keperawatan, dan Kebidanan*. Yogyakarta : Fitramaya ; 2005.
- Effendi, H.. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan*

Lingkungan Perairan. Yogyakarta: PT. Kanisius ; 2003.

7. Esmiralda, Dita Oktarina. *Pengaruh COD, Fe, dan NH₃ dalam Air Lindi TPA Air Dingin terhadap Nilai LC50*. Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Andalas : Padang ; 2012.
8. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*.
9. Irfan, Muhammad, et all. *Removal of COD, TSS and Colour of Black Liquor by Coagulation – Flocculation Process at Optimized PH, Settling and Dosing Rate*. Arabian Journal of Chemistry : Egypt ; 2013.
10. Peavy , H.S., Rowe, D. R., and Tchobanoglous. *Environmental Engineering*. Singapore : Mc Graw – Hill International Editions. ; 1985.
11. Setyaningsih, D. *Perbandingan Efektifitas Penggunaan Koagulan FeCl₃, PAC, PE (Poly Electrolit) Pada Proses Koagulasi Limbah (White water) Pabrik Kertas*. Skripsi. Teknik Kimia UPN Jatim. Surabaya ; 2002.
12. Faust, Samuel D., Osman M. Aly. *Chemistry of Water Treatment, Second Edition*. United States of Amerika : CRC Press ; 1998.