

UTILIZATION OF SEEDS DURIAN (*DURIO ZIBETHINUS MURR*) POWDER AS BIOPOLYMER ADDITIONAL MATERIALS OF COAGULANT ALUM TO IMPROVE THE TOTAL SOLIDS REMOVAL SUSPENDED (TSS) AND COD USING LEACHATE COAGULATION-FLOCCULATION

(Studi Kasus: TPA Jatibarang, Kota Semarang, Jawa Tengah)

Dina Alfa Christiany^{*)}, Badrus Zaman^{)}, Purwono^{**)}**

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email : dinaalfa94@gmail.com

Abstrak

TPA Jatibarang menjadi salah satu sumber limbah cair di Semarang di mana lokasinya dekat dengan pemukiman penduduk. Limbah cair yang dihasilkan dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah berupa air yang dihasilkan dari timbunan sampah yang disebut air lindi (leachate). Lindi TPA Jatibarang umumnya memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi dan keberadaannya yang melebihi baku mutu dapat mencemari lingkungan sekitar apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan lindi menggunakan metode koagulasi flokulasi dapat dijadikan sebagai alternatif pengolahan lindi TPA Jatibarang. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode koagulasi flokulasi dengan biopolimer tepung biji durian sebagai tambahan koagulan tawas yang bertujuan untuk mengetahui dosis optimum dari koagulan dan menganalisis hasil serta effisiensi pengolahan pada parameter COD dan TSS. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan memvariasikan dosis koagulan dan presentase biopolimer yang ditambahkan.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimum Dosis optimum untuk pengolahan lindi di TPA Jatibarang adalah pada dosis penambahan koagulan 10 ml dengan presentase penambahan biopolimer 75%. Untuk TSS pada dosis penambahan koagulan 30 ml memiliki nilai penyisihan lebih baik dibanding dosis 10 ml, namun pada dosis tersebut nilai COD tidak memberikan hasil yang optimal sehingga dipilih dosis penambahan koagulan 10 ml dengan presentase penambahan biopolimer 75% yang memberikan hasil COD dan TSS yang cukup baik. Setelah dipilih dosis optimum pada pengolahan lindi TPA Jatibarang menggunakan koagulan campuran antara biopolimer tepung biji durian dengan tawas didapat efisiensi untuk parameter COD adalah sebesar 74,4% dan parameter TSS 54,42%.

Kata kunci: Lindi, Koagulasi, Flokulasi, Biopolimer, Tawas, Alumunium Sulfat, COD, TSS, pH

Abstract

*[Utilization of Seeds Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Powder as Biopolymer Additional Materials of Coagulant Alum to Improve the Total Solids Removal Suspended (TSS) and COD using Leachate Coagulation-Flocculation]. TPA Jatibarang be one source of liquid waste in Semarang where they are located close to residential areas. Wastewater produced from the landfill in the form of water produced from the garbage, called leachate (leachate). Landfill leachate Jatibarang generally have a high organic matter content and presence that exceeds quality standards can pollute the environment if not done processing beforehand. Leachate treatment of coagulation-flocculation method can be used as an alternative treatment of landfill leachate Jatibarang. This research was conducted using the method of coagulation-flocculation with biopolimer durian seed flour as an additional coagulant alum which aims to determine the optimum dose of coagulant and analyze the results and efficiency of processing parameters COD and TSS. The study was conducted in a laboratory scale with varying doses of the coagulant and the percentage of biopolimer added. The results of the study indicate that the*

optimum dosage optimum dosage for treatment of leachate at the landfill Jatibarang coagulant addition is at a dose of 10 ml with a percentage of 75% additions biopolymers. For TSS at a dose of coagulant addition of 30 ml has the allowance is better than a dose of 10 ml, but at that dose COD value does not provide optimal results so that the selected dose of coagulant addition of 10 ml with a percentage addition of biopolymers 75% are on the results of COD and TSS enough good. Having chosen the optimum dose at Jatibarang landfill leachate treatment using coagulant mixture of biopolimer durian seed flour with alum obtained efficiencies for COD parameter is equal to 74.4% and 54.42% TSS parameter.

Keywords: Leachate, Coagulation, Flocculation, Alum, Alumunium Sulfat, COD, TSS, pH

PENDAHULUAN

TPA Jatibarang merupakan pusat pembuangan akhir sampah Kota Semarang yang terletak di Kelurahan Kedungpane, Kecamatan Mijen. TPA Jatibarang menjadi salah satu sumber limbah cair di Semarang di mana lokasinya dekat dengan pemukiman penduduk. Limbah cair yang dihasilkan dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah berupa air yang dihasilkan dari timbunan sampah yang disebut air lindi (*leachate*). Lindi TPA mengandung sejumlah besar senyawa berbahaya, termasuk aromatik, senyawa terhalogenasi, fenol, pestisida, logam berat, dan ammonium yang dapat dianggap berbahaya (Varank et al, 2011). Logam berat tersebut terdiri dari cadmium (Cd), timbal (Pb), merkuri (Hg), tembaga (Cu), mangan (Mn), zinc (Zn), nikel (Ni). Disamping itu zat-zat yang berbahaya seperti klorin, sianida, florida, sulfide, fosfat, CO₂, NH₃, NO₂, asam organik, dan mikroba pathogen (Tchobanoglous,1993). TPA ini menerapkan sistem pengoperasian *Open Dumping*. Berdasarkan data dari Dinas Kebersihan kota Semarang tahun 2002 menunjukkan bahwa komposisi sampah yang masuk ke TPA Jatibarang 61,95% terdiri dari sampah organik dan 38,05% sampah anorganik. Air leachate yang dihasilkan disalurkan ke bak-bak penampungan untuk diolah lebih lanjut. Namun metode ini juga memiliki beberapa kelemahan yang paling menonjol adalah potensi pencemaran air tanah oleh air lindi (*leachate*) (Supriyadi, Khumaedi, & N, 2013). Menurut usia TPA, lindi dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis: muda, menengah dan tua. Biasanya, lindi tua stabil dan ditandai dengan *chemical oxygen demand* (COD) yang relatif

rendah (<4000 mg / L), sedikit basa (pH N7.5) dan rendah biodegradasi (BOD₅/ COD<0.1). Mengingat sifat beracun dan rendah biodegradasi dari lindi tua, limbah ini sulit untuk ditangani dan proses biologis yang benar-benar tidak efisien. Karena itu, teknologi alternatif berdasarkan tahap fisik-kimia yang diperlukan (Li, Hua, Zhou, Zhang, & Li, 2010).

Sistem pengolahan secara kimia melalui proses koagulasi-flokulasi adalah teknik yang relatif sederhana yang dapat digunakan dengan sukses untuk pengolahan lindi TPA yang lebih tua (Zouboulis & Tzoupanos, 2010). Kondisi tempat pembuangan sampah yang sudah tua membuat dekomposisi limbah cukup sulit diolah dengan proses biologi, karena kehadiran zat yang beracun dan zat yang sulit terurai. Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan koloid dan padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus, dengan suatu koagulan. Terdapat beberapa jenis koagulan yang sering digunakan yaitu alumunium sulfat, polyaluminium chloride (PAC), ferri sulfat, ferri klorida, ferro sulfat dan sodium aluminat. Tawas atau alumunium sulphate Al₂(SO₄)₃ adalah penjernih air yang paling umum dijual. Pada penjernihan air, tawas akan terurai menjadi dispersi koloid yang bermuatan positif Al³⁺, dan akan mengikat partikel koloid bermuatan negatif sehingga partikel yang ada di dalamnya mengendap.

Menurut Kawamura (1991), koagulan yang digunakan dapat dibedakan menjadi polimer anorganik dan polimer alami. Keberadaan polimer dalam koagulan merupakan salah satu faktor utama keberhasilan kinerja koagulan, tetapi

penambahan polimer sintesis akan menyebabkan efek yang merugikan bagi lingkungan karena koagulan anorganik ini memiliki kelemahan yaitu akan menghasilkan lumpur yang berbahaya bagi lingkungan (Oloibiri dkk, 2015). Menurut Ozacar, koagulan kimia juga dapat berdampak bagi kesehatan yaitu memacu timbulnya penyakit Alzheimer (Ozacar, 2003). Oleh karena itu, saat ini banyak dikembangkan pemanfaatan bahan alami sebagai koagulan yang dinilai lebih aman dan ekonomis. Koagulan alami dapat dijumpai dengan mudah karena dapat diambil atau diekstrak dari bahan lokal berupa tumbuhan dan hewan, salah satunya biopolimer dari biji durian.

Buah durian merupakan salah satu jenis buah yang banyak dikonsumsi oleh sebagian orang, limbah yang timbul dari konsumsi durian salah satunya berupa biji. Biji dari durian kaya akan karbohidrat terutama patinya yang cukup tinggi sekitar 42,1 % dibanding dengan ubi jalar (27,9 %) atau singkong (34,7 %) (Rukman, 1996). Amilum atau zat pati tersebut merupakan jenis polimer alami yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan biopolimer. Salah satu manfaat biopolimer adalah sebagai bahan tambahan yang diformulasikan ke dalam koagulan, guna meningkatkan kemampuannya untuk mengikat material tersuspensi. Suspended solid (zat padat tersuspensi) yaitu zat-zat padat yang tersuspensi dalam air limbah dan tidak dapat larut. Suspended solid dapat merupakan petunjuk untuk pertumbuhan endapan lumpur dan kondisi anaerobik jika air buangan yang tidak diolah dibuang ke dalam lingkungan air (Tchobanoglous, 1991). Sedangkan COD menurut Alaerts, 1984 merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air. COD merupakan salah satu indikator penting untuk mengetahui pencemaran didalam air akibat limbah organik. Dimana keberadaan COD didalam lingkungan ditentukan oleh jumlah bahan organik, baik yang berasal dari rumah tangga maupun industri. Semakin tinggi konsentrasi COD maka akan semakin tinggi pula jumlah bahan organik yang ada di lingkungan tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian untuk pengolahan fisika-kimia dengan pemanfaatan tepung biji durian (*Durio zibethinus Murr*) sebagai biopolimer tambahan koagulan tawas dalam meningkatkan penyisihan padatan TSS dan COD pada proses koagulasi-flokulasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Karakteristik Lindi TPA Jatibarang

Tabel 1 :Karakteristik Lindi TPA Jatibarang

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu
1.	pH	-	8,9	6-9*
2.	Suhu	°C	27,7	38*
3.	COD	(mg/L)	4200	100*
4.	TSS	(mg/L)	814	100*

* Baku Mutu menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012
Tanggal pengambilan dan analisis: 15/07/2016

Koagulan Koagulasi- Flokulasi

Koagulan yang digunakan dalam koagulasi-flokulasi adalah campuran antara biopolymer tepung biji durian dengan tawas. Dosis pencampuran koagulan dapat dilihat pada table 2 :

Tabel 2 : Dosis Koagulan

Koagulan yg ditambahkan (ml)	Prosentase biopolimer yang ditambahkan ke dalam Tawas (%)					
	5	15	30	45	60	75
5	A1	B1	C1	D1	E1	F1
10	A2	B2	C2	D2	E2	F2
15	A3	B3	C3	D3	E3	F3
20	A4	B4	C4	D4	E4	F4
25	A5	B5	C5	D5	E5	F5
30	A6	B6	C6	D6	E6	F6
Kontrol	AK1 dan AK2	BK1 dan BK2	CK1 dan CK2	DK1 dan DK2	EK1 dan EK2	FK1 dan FK2

Peralatan dan bahan

- Jar test
- Gelas beaker 1000 ml
- Cawan petri
- Corong
- Kertas saring
- Timbangan dengan merk Ohaus

- Lindi TPA Jatibarang
- Labu erlenmayer
- Tawas
- Biopolimer tepung biji durian
- Digestion Solution dan H_2SO_4
- H_2O_2 PA 30%

Prosedur Percobaan

Penelitian dilaksanakan mulai dari bulan September 2016, di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Jenis penelitian ini bersifat eksperimental laboratorium. Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan utama, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan serta tahap analisis data.

Pada tahap persiapan dilakukan studi literatur hingga persiapan alat dan bahan. Selanjutnya pada tahapan pelaksanaan penelitian dilakukan pengolahan lindi TPA Jatibarang dengan *jar test* untuk proses koagulasi flokulasi. Lindi TPA Jatibarang sebanyak 1 liter untuk setiap dosis pencampuran koagulan seperti pada table 2.2. Proses koagulasi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 3 menit, dilanjutkan dengan flokulasi dengan kecepatan pengadukan 45 rpm selama 15 menit kemudian dilakukan proses pengendapan selama 80 menit.

Setelah proses jartest dan pengendapan dilakukan analisis COD dan TSS untuk mendapatkan dosis optimum penggunaan koagulan pada setiap parameter.

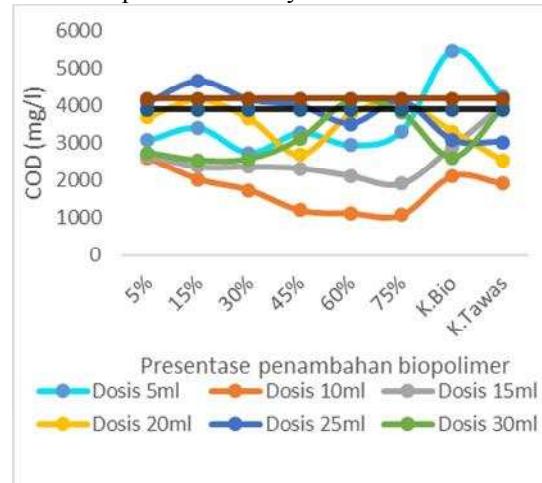
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penyisihan dan Efisiensi Penyisihan COD Setelah Melalui Proses Jartest

Konsentrasi COD diperoleh dari rata-rata pengujian sampel COD secara duplo. Tingginya nilai COD pada lindi disebabkan adanya zat organik dari proses dekomposisi tumpukan sampah di TPA. Untuk menurunkan konsentrasi COD perlu dilakukan penyisihan zat organic maupun anorganik yang terdapat pada lindi dengan cara menambahkan koagulan biopolimer tepung biji durian dengan tawas. Pada proses koagulasi dilakukan pengadukan cepat 200 rpm selama 3 menit, dalam pengadukan cepat terjadi dispersi yang seragam antara koagulan dan lindi sehingga didapat campuran yang merata serta pada partikel-partikel koloid yang mengakibatkan

partikel saling kontak dan bertumbuhan satu sama lain.

Pada proses flokulasi dilakukan pengadukan lambat pada 45 rpm selama 15 menit, pengadukan pelan akan memperpendek jarak antar partikel sehingga gaya tarik-menarik antar partikel menjadi lebih besar dan dominan dibandingkan gaya tolaknya, yang menghasilkan kontak dan tumbuhan antar partikel yang lebih banyak dan lebih sering. Kontak inilah yang menggumpalkan partikel-partikel padat terlarut terkoagulasi berukuran mikro menjadi partikel-partikel flok yang lebih besar. Flok-flok ini kemudian akan beragregasi (Karamah,2014). Flok-flok tersebut akan mengendap ke dasar gelas beaker 1 liter, sehingga terdapat dua lapisan, yaitu lapisan air lindi diatas endapan yang lebih jernih dengan lapisan endapan flok menyerupai lumpur pada dasar gelas beaker 1 liter, kemudian lapisan lindi yang lebih jernih dipisahkan dari flok yang sudah terbentuk. Pada lapisan ini zat organik dan anorganik sudah tersisihkan pada endapan sehingga membuat konsentrasi COD lindi setelah proses koagulasi-flokulasi lebih kecil dari pada sebelumnya.



Penambahan koagulan campuran biopolimer dan tawas dalam proses koagulasi-flokulasi pada sebagian besar dosis dapat menurunkan konsentrasi COD. Konsentrasi COD mengalami penurunan yang sangat fluktuatif tergantung dari presentase dan penambahan dosis koagulan kedalam air limbah. Untuk penurunan konsentrasi COD dikarenakan adanya penyisihan bahan-bahan organik yang berupa padatan koloid organik yang terdapat dalam limbah. Tiga tahap

penting yang terjadi dalam proses koagulasi-flokulasi yaitu pembentukan spesies, destabilisasi partikel dan tumbuhan interpartikel (Haines, 2003; Geng, 2005). Pembentukan spesies terjadi saat koagulan melalui serangkaian reaksi hidrolisis ketika koagulan ditambahkan ke dalam air (Geng, 2005). Destabilisasi partikel terjadi ketika produk reaksi hidrolisis berintegrasi dengan partikel bermuatan negatif yang terkandung dalam air (Xu et al., 2006). Menurut Haines (2003), destabilisasi partikel ini dapat terjadi melalui penetrasi muatan. Penetrasi muatan, menurut Geng (2005), merupakan interaksi langsung antara produk hidrolisis Al (III) yang bermuatan positif seperti Al^{3+} dan Al_{13} dengan partikel-partikel koloid bermuatan negatif. Penetrasi muatan didorong dengan pengadukan cepat pada saat penambahan koagulan. Penyingkiran partikel atau *sweep coagulation* merupakan mekanisme fisik di mana partikel-partikel koloid terperangkap dalam endapan alumunium hidroksida yang terbentuk pada pH basa atau netral (Sutapa, 2014).

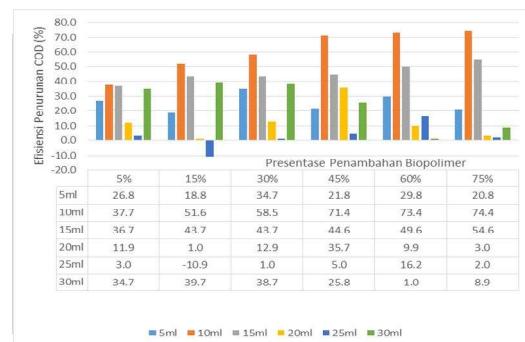
Pada hasil uji COD yang terdapat pada kontrol biopolimer dan kontrol tawas, dimana digunakan koagulan 100% biopolimer dan 100% tawas dari total dosis koagulan yang ditambahkan. Pada dosis 5ml kontrol biopolimer dan kontrol tawas menunjukkan COD mengalami peningkatan, hal ini dapat terjadi karena terlalu kecilnya dosis yang ditambahkan maka akan mengakibatkan rendahnya pemerangkapan partikel koloid sehingga menurunkan efisiensi mekanisme *sweep floc*. Pada dosis 10-30 ml kontrol biopolimer dan kontrol tawas menunjukkan adanya penyisihan COD secara fluktuatif dengan penyisihan terbaik pada kontrol biopolimer dosis 10 ml.

Pada dosis 5 ml terjadi penyisihan COD yang belum berlangsung optimum hal ini diduga karena terlalu kecilnya dosis pencampuran koagulan yang digunakan sehingga koagulan belum cukup optimal untuk mengikat zat organik yang selanjunya dapat diendapkan sebagai penyisihan COD. Pada dosis 20-25 ml terjadi kenaikan nilai COD, hal ini dapat terjadi bila dosis koagulan yang ditambahkan pada air limbah berlebih. Kelebihan kation pada suspensi dapat menyebabkan restabilisasi muatan partikel

koloid karena terjadinya adsorpsi *counter ion*. Bila *counter ion* yang teradsorpsi berlebih, muatan partikel koloid akan menjadi positif dan partikel-partikel ini justru akan saling menjauh sehingga gaya van der waals tidak dapat bekerja. (Wulan, et.al, 2010). Dari penelitian terdahulu dengan koagulan biopolimer yaitu menggunakan kitosan (Farihin, 2014), penyisihan COD menggunakan koagulan kitosan pada limbah cair jamu mampu menyisihkan COD sebesar 45,7%- 67%.

Dosis optimum dalam penyisihan konsentrasi COD mencapai 3125 mg/L pada dosis penambahan biopolimer 75% dalam 10 ml koagulan. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa pengolahan lindi TPA Jatibarang menggunakan koagulan campuran biopolimer dengan tawas dengan variasi dosis dapat menyisihkan konsentrasi COD yang dihasilkan namun konsentrasi COD tersebut masih belum sesuai persyaratan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 Lampiran IX Golongan 1 sebesar 100mg/L.

Efisiensi penyisihan COD setelah proses koagulasi-flokulasi untuk setiap variasi dosis dapat dilihat pada grafik dibawah ini:

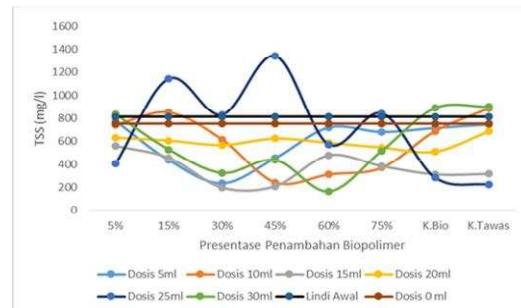


Analisis kuantitatif dilakukan dengan uji statistik dengan menggunakan SPSS 16. Uji statistik yang dilakukan adalah uji Normalitas untuk mengetahui apakah sebaran data hasil penelitian tersebut normal atau tidak normal mengingat hasil uji yang dilakukan berupa duplo (dua kali pengukuran sampel) dengan metode uji Kolmogorov-Smirnov dimana apabila nilai asymptotic significance ≥ 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki distribusi normal. Selain itu perlu diuji juga menggunakan uji Regresi dan

Korelasi untuk mengetahui pengaruh dan bentuk hubungan antara kedua variabel (dosis koagulan dan presentase biopolimer) untuk menyisihkan konsentrasi COD. Didapat nilai statistik Kolmogorov Smirnov Z untuk COD adalah 0,549 dan Sig. = 0,924. Jika digunakan $\alpha = 5\%$ (0,05) maka diperoleh nilai sig $> \alpha$ sehingga menerima H_0 yang berarti bahwa asumsi residual berdistribusi normal terpenuhi. Hasil uji regresi pengaruh dosis koagulan dan presentase biopolimer terhadap konsentrasi COD. Pada Tabel Regression – Model Summary Menerangkan bahwa R^2 didapatkan sebesar 0,221. Nilai 0,221 menunjukkan bahwa 22,1% penurunan konsentrasi COD dapat dijelaskan oleh variasi dosis koagulan dan presentase biopolimer sedangkan sisanya sebesar 77,9% dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak dijelaskan pada penelitian ini. Pada uji regresi didapatkan nilai F sebesar 4,683 dengan sig 0,016. Berdasarkan persyaratan signifikansi maka didapatkan hasil bahwa variasi dosis koagulan dan presentase biopolimer berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD ($0,000 < 0,05$). Berdasarkan hasil uji statistik korelasi, didapatkan nilai pearson correlation untuk dosis koagulan terhadap konsentrasi COD sebesar $-0,465^{**}$ hal ini berarti memiliki hubungan yang sedang antara dosis koagulan dan konsentrasi COD menurut tabel kriteria korelasi. Sedangkan untuk nilai pearson correlation untuk presentase biopolimer terhadap konsentrasi COD sebesar $-0,067^{**}$ hal ini berarti memiliki hubungan yang sangat rendah antara presentase biopolimer dan konsentrasi COD menurut tabel kriteria korelasi.

Hasil Penyisihan dan Efisiensi Penyisihan TSS Setelah Melalui Proses Jartest

TSS (*Total Suspended Solid*) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berpori-pori $0,45 \mu\text{m}$. Materi yang tersuspensi mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena membatasi penetrasi matahari ke badan air. Pengujian TSS skala laboratorium menggunakan metode pengujian duplo (metode pengujian dengan pengulangan, atau pengujian sebanyak dua kali pada sampel yang sama).



Pada hasil uji TSS yang terdapat pada kontrol biopolimer dan kontrol tawas, dimana digunakan koagulan 100% biopolimer dan 100% tawas dari total dosis koagulan yang ditambahkan. Pada dosis 30 ml kontrol biopolimer dan kontrol tawas menunjukkan terjadi peningkatan nilai konsentrasi TSS, hal ini dapat terjadi karena faktor kelebihan dosis koagulan. Kelebihan polimer sangat mungkin terjadi yang menyebabkan proses restabilisasi. Prinsipnya adalah polimer menutupi (covering) koloid-koloid tanpa menghubungkan dengan koloid yang lain, sehingga terjadi pembalikan muatan pada permukaan partikel tersuspensi dan partikel yang tergumpal menjadi stabil kembali (restabilisasi) (Saputra et.al, 2015). Pada dosis 5-25 ml kontrol biopolimer dan kontrol tawas mengalami penyisihan TSS dengan penurunan yang fluktuatif. Penyisihan tertinggi terjadi pada kontrol biopolimer dan kontrol tawas 25 ml.

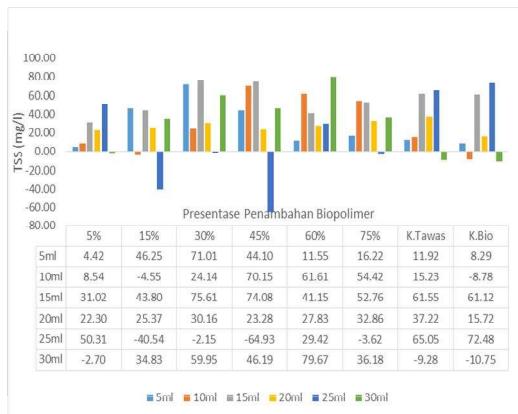
Pemberian dosis koagulan yang optimal akan membantu pengikatan antar partikel yang tersuspensi pada limbah lindi TPA Jatibarang. Partikel-partikel halus yang tersuspensi pada kondisi awal bersifat stabil akan menjadi tidak stabil muatannya sehingga membentuk jembatan polimer yang terhubung satu sama lain sehingga partikel tersuspensi dapat terendapkan dengan membentuk makroflo.

Kenaikan TSS oleh koagulan campuran biopolimer biji durian dengan tawas dikarenakan terjadi pada cukup banyak dosis dapat dikarenakan oleh dosis koagulan yang diberikan sudah tidak optimal, sehingga peran dosis yang awalnya sebagai penyisihan TSS dapat menjadi pengotor dari sampel yang diujikan. Hal tersebut disebabkan oleh dosis koagulan yang melebihi dosis optimum dapat menyebabkan restabilisasi dari zat tersuspensi

(Reynold, 1996). Serta dapat disebabkan karena waktu tunggu penyaringan yang terlalu lama sehingga terjadi proses dekomposisi koloid pada sampel. Penyaringan yang terlalu lama dikarenakan sifat dari biopolimer biji durian yang kental menyebabkan partikel-partikelnya tertinggal dan mengkoagulasi kembali (restabilisasi). Sehingga pada saat proses penyaringan, berat kertas saring menjadi bertambah. Restabilisasi ini juga disebabkan air sampel yang terlalu lama dibiarkan sehingga adsorpsi kation oleh partikel koloid menjadi berlebih, hal ini mengakibatkan tidak semua partikel dapat diendapkan, sebagian partikel masih dapat disaring dan tertahan oleh kertas saring (Budiman dkk., 2008). Dari penelitian terdahulu dengan koagulan biopolimer yaitu menggunakan kitosan (Farihin, 2014), penyisihan TSS menggunakan koagulan kitosan pada limbah cair jamu mampu menyisihkan TSS sebesar 62,3%- 83,9%.

Dosis optimum dalam penyisihan konsentrasi TSS mencapai 648,5 mg/L pada dosis penambahan biopolimer 60% dalam 30 ml koagulan. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa pengolahan lindi TPA Jatibarang menggunakan koagulan campuran biopolimer dengan tawas dengan variasi dosis dapat menyisihkan konsentrasi TSS yang dihasilkan namun konsentrasi TSS tersebut masih belum sesuai persyaratan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 Lampiran IX Golongan 1 sebesar 400mg/L.

Efisiensi penyisihan TSS setelah proses koagulasi flokulasi untuk setiap variasi dosis dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Analisis kuantitatif dilakukan dengan uji statistik dengan menggunakan SPSS 16. Dari hasil penelitian ini kemudian diuji statistik melalui uji Normalitas untuk mengetahui apakah sebaran data hasil penelitian tersebut normal atau tidak normal mengingat hasil uji yang dilakukan berupa duplo (dua kali pengukuran sampel) dengan metode uji Kolmogorov-Smirnov dimana apabila nilai asymptotic significance ≥ 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki distribusi normal. Selain itu perlu diuji juga menggunakan uji Regresi dan Korelasi untuk mengetahui pengaruh dan bentuk hubungan antara kedua variabel (dosis koagulan dan presentase biopolimer) untuk menyisihkan konsentrasi COD.

Nilai statistik Kolmogorov Smirnov Z untuk TSS adalah 0.691 dan Sig. = 0.726. Jika digunakan $\alpha = 5\%$ (0.05) maka diperoleh nilai sig $> \alpha$ sehingga menerima H0 yang berarti bahwa asumsi residual berdistribusi normal terpenuhi.

Hasil uji regresi pengaruh dosis koagulan dan presentase biopolimer terhadap konsentrasi COD. Pada Tabel Regression – Model Summary Menerangkan bahwa R^2 didapatkan sebesar 0,061. Nilai 0,061 menunjukkan bahwa 6,1% penurunan konsentrasi COD dapat dijelaskan oleh variasi dosis koagulan dan presentase biopolimer sedangkan sisanya sebesar 93,9% dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak dijelaskan pada penelitian ini. Pada uji regresi didapatkan nilai F sebesar 1.074 dengan sig 0,353. Berdasarkan persyaratan signifikansi maka didapatkan hasil bahwa variasi dosis koagulan dan presentase biopolimer berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD ($0,000 < 0,05$).

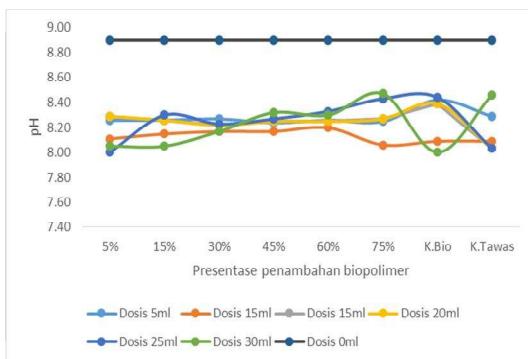
Berdasarkan hasil uji statistik korelasi, didapatkan nilai pearson correlation untuk dosis koagulan terhadap konsentrasi COD sebesar 0,155 hal ini berarti memiliki hubungan yang sangat rendah antara dosis koagulan dan konsentrasi COD menurut tabel kriteria korelasi.

Hasil Pengukuran pH Lindi

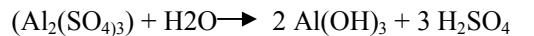
Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses koagulasi. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum,

maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. Tujuan pengukuran pH sebelum dilakukan proses koagulasi flokulasi adalah untuk mengetahui pH lindi TPA Jatibarang agar pemilihan koagulan dapat tepat, sehingga proses koagulasi flokulasi dapat berjalan dengan optimum, kisaran pH yang efektif untuk koagulasi dengan tawas pada pH 5,5 – 8,5. Pada penelitian ini pH lindi awal diluar range optimum koagulan tawas namun tetap dapat membentuk flok dan menurunkan pH setelah proses koagulasi flokulasi. Hal ini dikarenakan koagulan tawas tidak bekerja sendiri melainkan campuran antara biopolimer tepung biji durian. Polimer efektif pada rentang pH yang lebih luas daripada koagulan anorganik. Mereka dapat diterapkan didosis yang lebih rendah, dan tidak mengkonsumsi alkalinitas (Minnesota Water Works Operation Manual,2009).

Pengukuran pH setelah proses koagulasi flokulasi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan nilai pH lindi TPA Jatibarang berdasarkan variasi dosis penambahan campuran biopolimer dan koagulan tawas yang diberikan di sampel lindi TPA Jatibarang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Derajat keasaman (pH) dari semua variasi dosis koagulan yang ditambahkan mengalami penurunan terhadap nilai pH sebelum dilakukan pengolahan yang ditambahkan dan masih sesuai dengan range pH optimum koagulan tawas. Penurunan pH ini disebabkan karena Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) bila dilarutkan dalam air akan menghasilkan senyawa H_2SO_4 yang akan menurunkan pH air (Aziz,2013).



Ion Alumunium bersifat amfoter sehingga bergantung pada suasana lingkungan yang mempengaruhinya. Karena suasannya asam maka alumunium akan juga bersifat asam sehingga pH larutan menjadi turun.

Hasil Pengukuran Suhu Lindi TPA

Jatibarang

Pengukuran suhu sebelum proses koagulasi flokulasi bertujuan untuk mengetahui kondisi awal suhu yang terdapat pada lindi TPA Jatibarang, sedangkan pengukuran suhu setelah proses koagulasi flokulasi bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari proses koagulasi flokulasi dengan variasi dosis koagulan. Hasil pemeriksaan suhu dalam penelitian ini diketahui bahwa suhu lindi TPA Jatibarang sebelum diberi perlakuan sebesar 27,7 °C. Pengukuran suhu setelah proses koagulasi flokulasi didapat nilai sekitar 25,8-27,8 °C. Rentang suhu tersebut masih memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 lampiran IX Golongan 1 dengan kadar maksimum suhu di dalam air limbah sebesar 38 °C.

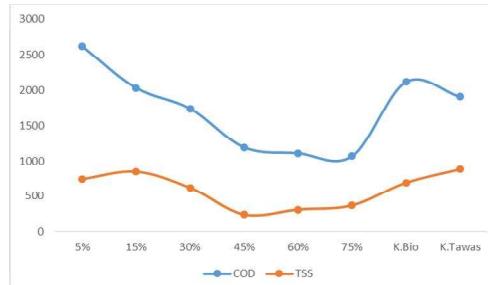
Penentuan Dosis Optimum Pada

Proses Koagulasi Flokulasi

Penambahan koagulan campuran biopolimer dan tawas pada lindi TPA Jatibarang mengalami penurunan konsentrasi COD terbaik pada dosis 10 ml dengan penambahan biopolimer 75% yaitu dari konsentrasi COD lindi awal sebesar 4200 mengalami penurunan mencapai 3125 mg/L menjadi 1075 mg/l. Sedangkan untuk parameter TSS penurunan terbaik terdapat pada dosis penambahan koagulan 30 ml dengan presentase penambahan biopolimer 60% yaitu dari konsentrasi TSS awal sebesar 814 mg/l mengalami penurunan mencapai 648,5 mg/L menjadi 165,5 mg/L.

Tetapi melihat dari dosis penurunan COD terbaik dapat dipilih dosis optimum untuk penelitian ini adalah dosis koagulan 10ml dengan penambahan 75%. Dapat dilihat pada parameter TSS pada dosis tersebut juga dapat dikatakan memberikan hasil penurunan yang cukup baik tidak berbeda jauh dengan efisiensi penurunan tertinggi untuk parameter TSS. Pada parameter TSS dosis 10ml dengan penambahan 75% memberikan penurunan

mencapai 443 mg/L menjadi 371 mg/l dari lindi awal 814 mg/l.



Korelasi penyisihan COD dan TSS dalam lindi TPA Jatibarang adalah parameter COD pada lindi merupakan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dan anorganik secara kimiawi, TSS sebenarnya diakibatkan adanya senyawasenyawa organik, koloid, dan suspended solid di dalam lindi. Sehingga dengan pemilihan dosis optimum berdasarkan efisiensi penyisihan tertinggi pada parameter COD maka secara tidak langsung sudah menyisihkan senyawa organik yang juga menyebabkan penurunan nilai TSS.

KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik awal lindi TPA Jatibarang yang akan diolah mempunyai nilai COD dan TSS yang tinggi dan memiliki pH yang bersifat basa.
2. Dosis optimum untuk pengolahan lindi di TPA Jatibarang adalah pada dosis penambahan koagulan 10 ml dengan persentase penambahan biopolimer 75%. Untuk TSS pada dosis penambahan koagulan 30 ml memiliki nilai penyisihan lebih baik dibanding dosis 10 ml, namun pada dosis tersebut nilai COD tidak memberikan hasil yang optimal sehingga dipilih dosis penambahan koagulan 10 ml dengan persentase penambahan biopolimer 75% yang memberikan hasil COD dan TSS yang cukup baik.
3. Setelah dipilih dosis optimum pada pengolahan lindi TPA Jatibarang menggunakan koagulan campuran antara biopolimer tepung biji durian dengan tawas didapat efisiensi untuk parameter

COD adalah sebesar 74,4% dan parameter TSS 54,42%.

SARAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah:

1. Sebaiknya dilakukan penelitian dengan campuran biopolimer dan koagulan kimia lainnya yang memiliki pH optimum lebih luas.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian dengan biopolimer dalam penelitian ini adalah tepung biji durian sebagai flokulasi yang penambahannya pada pengadukan lambat, terpisah dengan koagulan kimia yang ditambahkan saat pengadukan cepat.
3. Sebaiknya dilakukan pengolahan selanjutnya setelah koagulasi-flokulasi agar dapat menyisihkan COD dan TSS hingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilera, J. M., R. Simpson, J. W. Chanes, D. B. Aguirre. 2011 . Food engineering interfaces. New York: Springer.
- Alaerts, G. dan Santika, S.S. (1984). Metoda Penelitian Air. Usaha Nasional: Surabaya.
- Bleiker, D. E., Farquhar, G. and Mcbean, E. (1995). "Landfill settlement and the imTawast on site caTawasity and refuse hydraulic conductivity". Waste Management and Research Vol.13, pp. 533-554
- Budiman, A., Wahyudi. C., Irawaty, W., dan Hindarso, H. 2008. Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih. Widya Teknik 7(1): 25-34.
- Dantes, Nyoman. 2012. *Metode Penelitian*. Yogyakarta : CV. Andi Offset
- Eckenfelder, W. 2000. Industrial Water Pollution Control. 3rd ed. Singapore: McGraw Hill Companies, Inc.
- Enrico, Bernard. 2008. Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) Sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu. Universitas Sumatera Utara: Medan.

- Farihin, F. M. (2014). *Studi Penurunan COD, TSS dan Turbidity dengan Menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (Perna virdis) sebagai Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Sido Muncul, Tbk.* Semarang: Universitas Diponegoro.
- Geng, Y., 2005. Applications of Floc Analysis for Coagulation Optimization at The Split Lake Water Treatment Plant. Master's Thesis. University of Manitoba. Manitoba. 98pp.
- Ghafari, S., Abdul, H., & Bashir, M. J. K. (2010). The use of poly-aluminum chloride and alum for the treatment of partially stabilized leachate : A comparative study. *DES*, 257(1-3), 110–116.
<http://doi.org/10.1016/j.desal.2010.02.037>
- Haines, M.G., 2003. Impact of Dual Alum and Polyaluminum Chloride Coagulation on Filtration. Master's Thesis. Colorado State University. Colorado, 82pp.
- Kawamura, Susumu. 1991. "Integrated Design of Water Treatment Facilities". John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Karamah, E., & Septiyanto , A. (2014). Pengaruh Suhu dan Tingkat Keasaman (pH) pada Tahap Pralakuan Koagulasi (Koagulan Alumunium Sulfat) dalam Proses Pengolahan Air Menggunakan Membran Mikrofiltrasi Polipropilen Hollow Fiber. 4.
- Khoirulloh, Moh. 2002. Pengaruh dosis koagulan jenis poly aulinium chlora (PAC) terhadap penurunan intensitas warna air gambut di kecamatan Gambut kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. Universitas Diponegoro Semarang
- Li, W., Hua, T., Zhou, Q., Zhang, S., & Li, F. (2010). Treatment of stabilized land fill leachate by the combined process of coagulation / flocculation and powder activated carbon adsorption. *DES*, 264(1-2), 56–62.
<http://doi.org/10.1016/j.desal.2010.07.004>
- Mirhosseini, H., and Tabatabaee Amid, B. 2012. A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food Res. Int.* (46): 387-398.
- Narantia, Adysti Maretha. 2014. Pengolahan Limbah Laundry dengan Penambahan Koagulan Poly Alumunium Chloride (PAC) dan Filter Karbon Aktif. Universitas Diponegoro: Semarang
- Oloibiri, V., Ufomba, I., Chys, M., Audenaert, W. T., & Demeestere, K. (2015). A comparative study on the efficiency of ozonation and coagulation-flocculation as pretreatment to activated carbon adsorption of biologically stabilized landfill leachate. *Waste Management*, 1-8.
- Ozacar, M., and Sengil, I.A, 2003, Evaluation of Tannin as a Coagulant Aid for Coagulation of Colloidal Particles, Colloid and Surfaces A, Physicochem, Eng. Aspects, Vol. 229. Pp 85 – 96. w-Hill Book Company. Singapore.
- Priyatno, Duwi. 2014. SPSS 22: Pengolahan Data Terpraktis. CV. Andi Offset. Yogyakarta
- Reynold. (1996). *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*. Monterey: Brooks/Cole Engineering Division.
- Saputra, A. (2015). *Pengaruh pH Limbah Dan Perbandingan Kitosan Dengan TSS Pada Pengendapan Limbah Cair Biskuit*. SEMINAR NASIONAL XI.
- Sutapa, Igantius D. A., 2014. *Perbandingan Efisiensi Koagulan Poly Alumunium Chloride (PAC) dan Alumunium Sulfat dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah*. Pusat Penelitian Limnologi – LIPI : Bogor.
- Tchobanoglous, G., Franklin, & David. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill.
- Wulan, P., Dianursanti, Gozan, M., & Nugroho, W. (2010). Optimasi Penggunaan Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Batubara. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, F06-3.