

## Penyisihan Limbah Organik Air Lindi TPA Jatibarang Menggunakan Koagulasi-Flokulasi Kimia

Arya Rezagama<sup>\*</sup>, Mochtar Hadiwidodo, P. Purwono, Nurul Fajri Ramadhani, Mia Yustika

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

### Abstrak

Air lindi yang meresap ke dalam tanah yang berpotensi bercampur dengan air tanah sehingga menimbulkan pencemaran tanah, air tanah dan air permukaan. Komposisi limbah lindi dari berbagai TPA berbeda-beda bergantung pada musim, jenis limbah, umur TPA. Proses dalam TPA menghasilkan molekul organik *recalcitrant* yang ditunjukkan dengan rendahnya rasio BOD/COD dan tingginya nilai  $NH_3-N$ . Belum optimalnya pengolahan air lindi di Jatibarang membutuhkan pretreatment sebagai bentuk upaya alternatif dalam proses pengolahan air lindi sebelum masuk ke dalam proses aerated lagun. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh koagulan kimia pada penyisihan bahan organik air lindi TPA Jatibarang. Penelitian dilakukan pada bulan April-Agustus 2016. Karakteristik air lindi TPA Jatibarang termasuk dalam kategori "moderately stable" dan lindi muda. Penyisihan bahan organik dengan menggunakan koagulan kimia  $FeCl_3$  dan  $Al_2SO_4$  menunjukkan nilai yang cukup signifikan untuk parameter COD, BOD, TSS. Penggunaan dosis optimal terjadi pada 16 g/L  $FeCl_3$  serta 16 g/L  $Al_2SO_4$  dapat menurunkan nilai COD sebesar 51% dan 65%, BOD sebesar 50% dan 56%, dan TSS sebesar 24% dan 21%. Perubahan nilai pH akibat penambahan koagulan berpengaruh positif terhadap tingkat penyisihan, namun memberikan dampak negatif yaitu buih yang cukup banyak. Penurunan beban organik menguntungkan bagi sistem pengolahan lindi eksisting TPA Jatibarang.

Kata Kunci: Bahan Organik; Lindi; Koagulasi-flokulasi

### Abstract

**[Title: Removal of Lindi Water Organic Waste of TPA Jatibarang using Chemical Coagulation-Floculation]** Leachate grounding into the soil that potentially could mix with the groundwater caused contamination of soil, groundwater and surface water. The composition of waste landfill leachate from the various location is depending on the season, the type of waste, and landfill age. Process in the TPA produces *recalcitrant* organic molecules as indicated by the low ratio of BOD/COD and  $NH_3-N$  high value. The ineffective treatment of leachate at Jatibarang require a pretreatment as a form of alternative effort in the processing of leachate prior to entry into the aerated lagoon process. This study aims to analyze the influence of chemical coagulants on grounding organic material Jatibarang landfill leachate. The study was conducted in April-August 2016. Jatibarang landfill leachate characteristics were categorized as "moderately stable" and young leachate. Allowance for organic materials using chemical coagulants of  $FeCl_3$  and  $Al_2SO_4$  showed significant values for the parameters of COD, BOD, and TSS. The use of optimal dose occurs at 16 g/L  $FeCl_3$  and 16 g/L  $Al_2SO_4$  which can reduce the COD value by 51% and 65%, BOD by 50% and 56%, and TSS at 24% and 21%. PH value changes due to the addition of coagulant positive effect on the level of the allowance, but a negative effect that is quite a lot of froth. The decline in organic load favorable for existing landfill leachate treatment systems Jatibarang.

Keyword: Organic Materials; Lindi; Coagulation-floculation

### 1. Pendahuluan

Air lindi yang meresap ke dalam tanah yang berpotensi bercampur dengan air tanah sehingga menimbulkan pencemaran tanah, air tanah dan air permukaan. Hingga kini sebagian besar TPA di Indonesia masih belum mampu mengolah outlet air lindi sesuai standar baku mutu buangnya. Lindi

tergolong sulit dalam pengolahan limbah secara proses biologi. Komposisi limbah lindi dari berbagai TPA berbeda-beda bergantung pada musim, jenis limbah, umur TPA. Proses dalam TPA menghasilkan molekul organik *recalcitrant* yang ditunjukkan dengan rendahnya rasio BOD/COD dan tingginya nilai  $NH_3-N$  (Renoua dkk., 2005).

Sedangkan kuantitas lindi bergantung pada jumlah masuknya air dari luar, terutama air hujan, disamping dipengaruhi oleh aspek operasional yang diterapkan seperti aplikasi tanah penutup, kemiringan

\* Penulis Korespondensi

E-mail: [arya\\_tl@ft.undip.ac.id](mailto:arya_tl@ft.undip.ac.id)

permukaan, kondisi iklim, dan sebagainya sehingga kuantitasnya bervariasi dan fluktuatif (Englehardt, 2006). Penelitian lain menunjukkan tanaman padi yang disirami dengan air lindi dapat mengakibatkan bulir padi mengandung logam berat cukup tinggi sebesar (766,80 mg/kg) sehingga berbahaya untuk dikonsumsi (Ali, 2011).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Jatibarang menampung pembuangan sampah se-Kota Semarang. Besarnya volume sampah yang masuk dan curah hujan yang tinggi di daerah tropis berpotensi menghasilkan air lindi dalam jumlah yang besar. Kondisi eksisting unit pengolahan berupa kolam stabilisasi belum menghasilkan kualitas efluen sesuai dengan baku mutu. Nilai BOD/COD yang rendah membuat pengolahan secara biologi biasa sulit dilakukan (Rezagama & Notodarmojo, 2012). Secara visual nampak bahwa warna air lindi pada saluran inlet tidak jauh berbeda dengan outletnya.

Belum optimalnya pengolahan air lindi di Jatibarang membutuhkan pretreatment sebagai bentuk upaya alternatif dalam proses pengolahan air lindi sebelum masuk ke dalam proses aerated lagun. Pengolahan secara koagulasi flokulasi, adsorpsi ini dapat meningkatkan keberhasilan proses biologi pada kolam anaerob IPAL eksisting. Pretreatment yang dimaksudkan adalah dengan menerapkan proses koagulasi flokulasi dalam menurunkan beban organik air lindi serta menyingkahkan padatan tersuspensi sehingga pengolahan selanjutnya lebih mudah.

Proses koagulasi akan membuat partikel halus yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi biasa, menjadi partikel yang lebih besar (mikro flok) dengan cara pengadukan cepat. Kemudian dilanjutkan flokulasi pengadukan pelan untuk membentuk flok yang lebih besar. Disamping itu koagulasi berguna untuk memudahkan partikel-partikel tersuspensi dan bahan koloid yang terlarut menjadi agregat sebagai tahapan proses sebelum penggumpalan yang akhirnya membentuk flok. Sehingga dapat dipisahkan dengan proses pengendapan dan disamping itu berfungsi menghilangkan beberapa jenis organisme (pathogen) dalam air (Tjokrokusumo, 1995). Proses koagulasi flokulasi sebagai pretreatment dapat menghilangkan secara efektif bahan *recalcitrant* dalam lindi dan mengurangi beban polutan yang mempengaruhi proses biologi.  $FeCl_3$  dapat meningkatkan biodegradabel air lindi (Liu dkk., 2012).

Penelitian terdahulu koagulasi dan flokulasi sebagai *pretreatment* menunjukkan hasil yang cukup baik (Liu dkk., 2012; Li dkk., 2010; Mavros dkk., 2008). Namun penelitian tersebut banyak di terapkan pada negara maju dengan kondisi Tempat Pengolahan Akhir yang sudah menerapkan sanitary landfill dengan baik. Kondisi di TPA Jatibarang memiliki karakteristik yang berbeda akibat sistem yang digunakan belum sanitary landfill sepenuhnya serta. Hal ini mungkin mengakibatkan beban organik yang muncul lebih besar dengan debit yang berfluktuasi. Secara rinci tujuan penelitian ini ialah menganalisa

pengaruh koagulan kimia penyisihan bahan organik air lindi TPA Jatibarang serta berapa komposisi optimal koagulan kimia yang digunakan untuk mengolah lindi TPA Jatibarang.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April-Agustus 2016. TPA Jatibarang berlokasi di Kelurahan Kedungpane, Kecamatan Mijen, Kota Semarang yang memiliki luas sekitar 46 Ha, dan menerima 800 ton limbah padat domestik per hari. Sampel air lindi TPA Jatibarang yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari saluran inlet instalasi pengolahan TPA Jatibarang. Pengambilan sampel air lindi pada Instalasi Pengolahan Limbah (IPL) TPA Jatibarang menggunakan metode grab sampling sesuai dengan SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Pengambilan sampel air lindi IPL TPA Jatibarang menggunakan sebuah jerigen plastik dengan volume sebesar 30 liter. Jerigen plastik yang telah disiapkan, diletakkan diujung saluran inlet sehingga air lindi dapat langsung masuk ke dalam jerigen. Kemudian jerigen air lindi akan disimpan dalam freezer untuk mengawetkan limbah.

Penelitian akan dilakukan di laboratorium air Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Uji karakteristik awal dan akhir sampel limbah dilakukan untuk mengetahui sifat kimia fisika air. Eksperimen menggunakan alat *jar-test* konvensional yang dilengkapi dengan 6 beker glass 1 L pada suhu ruangan. Proses pengadukan dilakukan pada dua tahapan yaitu pengadukan cepat 180 rpm selama 2 menit dilanjutkan pengadukan lambat 40 rpm selama 10 menit. Proses pengendapan berlangsung selama satu jam.

Koagulan komersil yang digunakan ialah  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  molaritas 666,42 g/mol dan  $FeCl_3$  diproduksi oleh Merck pro analis. Variasi dosis aluminium sulfat sebesar 12 g/L, 14 g/L, 16 g/L, 18 g/L. Variasi  $FeCl_3$  yang digunakan ialah 12 g/L, 14 g/L, 16 g/L, 18 gr/l. Sedangkan variasi dosis  $FeCl_3$  masing-masing sampel yakni 4 g/L, 8 g/L, 12 g/L, dan 16 g/L. Percobaan pendahuluan menunjukkan pada dosis di atas 16 g/L terjadi penurunan efisiensi penyisihan pengendapan.

Pada uji pendahuluan didapatkan rentang yang baik di antara nilai tersebut, di mana pada penambahan 20 g/L terjadi pembentukan buih yang luar biasa aluminium sulfat sehingga mempengaruhi proses. Beberapa fisik kimia parameter yang diuji meliputi TSS, BOD dan COD secara duplo. Pengujian BOD, COD, pH menggunakan metode dalam buku *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 5220C* (Clesceri dkk., 1999).

Lindi hasil koagulasi flokulasi yang telah diendapkan kemudian dipisahkan airnya ke gelas beker yang lebih kecil agar lebih mudah diamati dan dilakukan pengujian karakteristik. Hal ini juga bertujuan untuk mencegah tercampur kembali antara

endapan dan hasil koagulasi karena pergerakan saat pengambilan sampel.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Karakteristik Air Lindi**

Air lindi yang dihasilkan oleh TPA Jatibarang dikategorikan sebagai lindi tua karena telah berusia lebih dari 10 tahun (IPAL berdiri sekitar akhir tahun 1990-an atau awal 2000). Karakteristik air lindi IPL TPA Jatibarang diuji di Laboratorium Teknik Lingkungan dengan menggunakan peralatan dan prosedur yang sesuai dengan SNI. Beberapa parameter yang diuji yakni suhu, pH, COD, BOD, kekeruhan, TSS dan warna dengan hasil seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan Karakteristik Awal Lindi dengan Baku Mutu

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu*
1.	BOD5	mg/L	1600	50
2.	COD	mg/L	4000	100
3.	Kekeruhan	NTU	300,0	
4.	TSS	mg/L	522,0	100
5.	Warna	PtCo	1600,4	15
6.	pH		8,5	6 – 9
7.	Suhu	°C	28,7	-

\*) Menurut Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah

Semua parameter air lindi pada tabel 1 berada di atas baku mutu. Nilai BOD<sub>5</sub> dan COD sebesar 1626,5 mg/L dan 3844,3 mg/L, jauh di atas baku mutu air limbah sebesar 150 mg/L dan 300 mg/L. Rasio BOD/COD lindi TPA sebesar 0,422 menunjukkan limbah cukup sulit terdegradasi. Namun nilai rasio BOD/COD ini cukup tinggi dibandingkan penelitian Rezagama (2012) pada TPA Sarimukti Bandung yang hanya mencapai 0,15. Pada rasio BOD/COD antara 0,1 hingga 0,5, stabilitas air lindi dapat digolongkan menjadi "moderately stable" (El-Fadel & Bou-Zeid, 2002). Sedangkan penggolongan TPA berdasarkan umur oleh menyebutkan bahwa TPA Jatibarang termasuk dalam kategori muda (Tchobanoglous, 2002).

Nilai TSS air lindi TPA Jatibarang sebesar 522 mg/L, dimana baku mutu sebesar 100 mg/L. Nilai warna sebesar 1600,4 PtCo sedangkan baku mutu warna sebesar 15. Nilai pH dan temperatur berturut – turut sebesar 8,44 dan 28,7 °C, dimana nilai tersebut sudah memenuhi nilai baku mutu pH dan temperatur sebesar 6-9 dan 40 °C. Parameter pH juga menandakan sifat agresif lindi dan kondisi aerob dibandingkan anaerob dalam sampah.

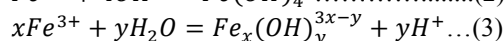
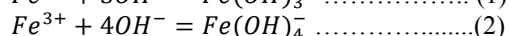
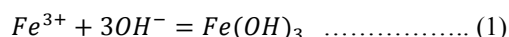
COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang terdapat dalam lindi TPA Jatibarang menandakan total oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik. Nilai COD tinggi mengindikasikan semakin besar tingkat pencemaran air yang terjadi oleh bahan-bahan organik. Jika di bandingkan dengan kualitas air lindi Rezagama (2012)

pada TPA sarimukti serta penelitian Astuti (2008) pada TPA Putri Cempo Surakarta, terdapat rentang nilai pH, COD dan BOD, TSS. Hal ini kemungkinan karena karakteristik sampah organik masyarakat indonesia yang cenderung sama serta situasi sekitar seperti curah hujan, kelembaban, suhu yang relatif hampir mirip.

**3.2. Pengolahan menggunakan koagulan FeCl<sub>3</sub>**

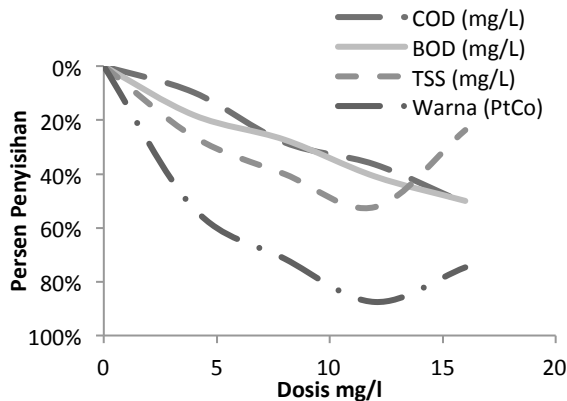
Penyisihan bahan organik lindi melalui koagulasi flokulasi diasosiasikan dengan mekanisme penyisihan substansi humic. Pada air yang mengandung bahan organik, terdapat hubungan stokiometri antara bahan organik dengan dosis koagulan (Ntampou dkk., 2006). Terdapat dua mekanisme meliputi: a). pengikatan kationik bahan metal dengan bagian anion menghasilkan netralisasi bahan humic dan reduksi kelarutannya; b). Adsorpsi bahan organik oleh endapan metal hidroksida amorphous (Duan & Gregory, 2003). Penampakan mekanisme ini sangat bergantung pada pH. Pada pH 5-6 substansi humic bermuatan negatif di mana Al dan Fe hidroksida bermuatan positif sehingga terjadi adsorpsi kuat dan netralisasi.

Tingginya nilai COD pada lindi TPA Jatibarang disebabkan adanya zat organik dari proses dekomposisi tumpukan sampah. Nilai COD diperoleh dari rata-rata pengujian sampel COD secara duplo. Koagulan FeCl<sub>3</sub> mampu menurunkan konsentrasi COD paling tinggi pada dosis 16 gram/L mencapai 51%. Jika dosis ini ditambahakna proses akan timbul buih yang sulit dikontrol sehingga menjadi pembatas variasi dosis. Pada penelitian lain, proses koagulasi flokulasi dengan FeCl<sub>3</sub> dipengaruhi kuat oleh pH. Ketika kondisi normal basa hanya menyisihkan 16% COD, namun pada kondisi optimum pH 5,5 penurunan SS, Kekeruhan dan COD mencapai 89%, 93%, dan 65% (Li dkk., 2010). Hal ini dikarenakan fenomena perbedaan spesies terhidrolisis pada kondisi umum oleh ferric (Fe<sup>3+</sup>) dapat bereaksi dengan hydroxyl (OH<sup>-</sup>) menghasilkan Fe(OH)<sub>3</sub> atau Fe(OH)<sub>4</sub> seperti ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2. Pada kondisi asam, ferric akan menghidrolisis membentuk polynuclear cation seperti persamaan 3. Fe<sub>x</sub>(OH)<sub>y</sub><sup>(3x-y)</sup> dapat berbentuk Fe(OH)<sup>2+</sup>, Fe<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub><sup>4+</sup>, Fe<sub>3</sub>(OH)<sub>4</sub><sup>5+</sup> dan spesies lain bermuatan positif (Ching dkk., 1994).



Sedangkan pada penyisihan bahan organik dengan FeCl<sub>3</sub> pada dosis 1 mg FeCl<sub>3</sub>/mg sebesar COD dan α254 sebesar 66% and 88% (Oloibiri dkk., 2014). Pengolahan optimal lindi menggunakan dosis FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O sebesar 300 mg/L pada pH 3 dapat menyisihkan 81.9% Total Carbon, 17.8% COD, 36.1% NH<sup>4+</sup>, 27.5% Pb, 7.7% As, and 0.3% Hg. Penyisihan Total Carbon yang tinggi menandakan

adanya penyisihan asam humic secara signifikan (Vedrenne dkk., 2012).



**Gambar 1.** Grafik Penyisihan COD, BOD, TSS, warna koagulan FeCl<sub>3</sub>

Pada penelitian lainnya tanpa pengkondisian pH 8.3, penggunaan dosis koagulan 0,2 – 0,5 Fe<sup>3+</sup>/L hanya dapat mereduksi COD antara 9,5% dan 11%. Jika pH diatur menjadi 3,8, maka penurunan COD menjadi 26% dan kekeruhan mencapai 90%. (Marañón et al. 2008). Penelitian lain menunjukkan kondisi optimal (pH=7 dan 1500 mg/L FeCl<sub>3</sub>) terjadi penurunan COD, warna dan TSS sebesar 65%, 79% dan 95% (Moradi & Ghanbari, 2014).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah endapan semakin berkurang dengan penambahan dosis. Pada dosis 16 mg/L tinggi endapan lebih rendah daripada 12 mg/L. Hal ini disebabkan pada dosis berlebih muatan positif koloid saling menolak satu sama lainnya sehingga mengakibatkan koloid tidak dapat mengendap (Li dkk., 2010).

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 µm. Materi yang tersuspensi mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena membatasi penetrasi matahari ke badan air. Pada dosis FeCl<sub>3</sub> 12 g/L TSS memiliki nilai efisiensi penyisihan yang paling besar mencapai 52% dibandingkan dosis lainnya.

Warna pada air lindi merupakan parameter penting dalam proses pengolahan. Penampakan visual air lindi TPA Sarimukti nampak hitam pekat. Hal ini mengindikasikan adanya kandungan bahan organik alami yang sangat tinggi terutama Asam Humad, Asam Fulvic dan Humid (Zularisam dkk., 2006). Perubahan warna setelah proses ozonasi menjadi kuning cerah menunjukkan terjadinya pemutusan ikatan pada Asam Humad dan Humid yang memudahkan warna kehitaman. Air lindi yang berwarna kuning berasal dari Asam Fulvic. Beberapa penyebab warna merupakan ikatan rangkap yang lebih mudah diputus dengan ozon (TDX 1999). Penyisihan warna dengan koagulan FeCl<sub>3</sub> terbaik mencapai 88% pada dosis 12 gram.

### 3.3. Pengolahan menggunakan Koagulan Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Pada saat dilakukan jar test, terbentuk buih yang cukup tinggi. Ketinggian buih meningkat seiring bertambahnya dosis koagulan yang dibubuhkan. Buih ini sangat mengganggu proses koagulasi di mana pada jumlah yang berlebihan buih akan meluap dari gelas beker.

Selain itu, nampak terbentuk mikrofluk yang perlahan berubah menjadi makrofluk dan saat pengadukan dihentikan, fluk yang terbentuk perlahan mengendap karena adanya gaya gravitasi. Setelah mengendap, buih yang terbentuk mulai berkurang dan lindi bagian atas mulai berubah menjadi jernih. Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan keadaan setelah pasca pengendapan 30 menit.



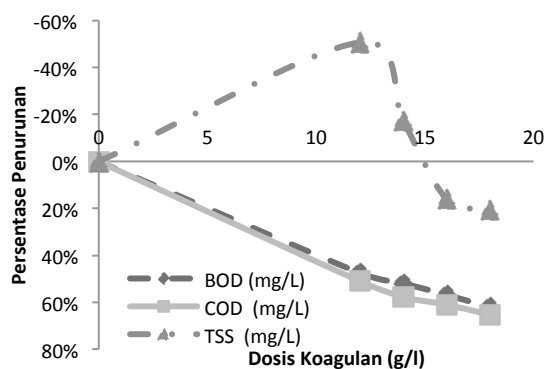
**Gambar 2.** Munculnya Buih pada Proses Koagulasi-flokulasi



**Gambar 3.** Lindi Awal dan Hasil Koagulasi-Flokulasi

Air lindi awalnya berwarna hitam pekat, setelah dikoagulasi-flokulasi akan mengalami perubahan warna menjadi coklat kekuning-kuningan. Sementara endapannya berwarna coklat keabu-abuan. Semakin meningkat dosis koagulan yang ditambahkan maka warna pun semakin cerah.

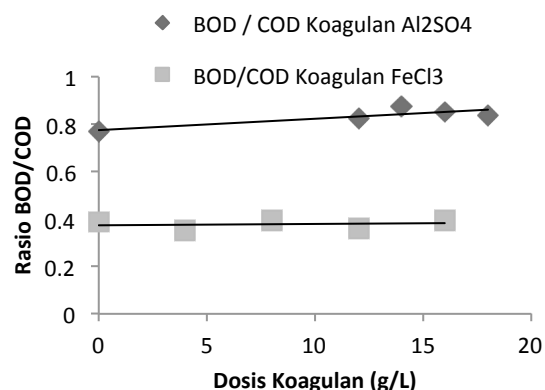
Semakin besar dosis koagulan aluminium sulfat yang dibubuhkan, maka parameter pH, BOD, COD akan mengalami penurunan (Gambar 4). Pada dosis aluminium sulfat 18 g/L di dapatkan nilai efisiensi penyisihan yang paling besar COD, TSS mencapai 65% dan 25% dibandingkan dosis lainnya. Sedangkan penyisihan BOD nampak lebih signifikan mencapai 62% pada dosis 18 mg/L. Namun nilai ini berbeda pada tren TSS di mana pada penambahan dosis 12 dan 14 mg/L terjadi penyisihan negatif. Hal ini dimungkinkan karena pada saat pengambilan sampel terjadi penggumpalan fluk lindi yang belum mengendap sehingga terukur di TSSnya menjadi naik. Semakin banyak koagulan yang ditambahkan mengakibatkan penurunan fluk yang semakin cepat.



Gambar 4. Grafik Penyisihan BOD, COD dan TSS Koagulan Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Penelitian lain menunjukkan proses optimum Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk lindi berada pada pH 6 dengan penyisihan COD sebesar 68%. Tipe spesies dari Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> terhidrolisis menjadi Al<sup>3+</sup> and Al(OH)<sup>2+</sup>. Penambahan pH mengakibatkan produk garam aluminium terhidrolisis bergeser dari spesies bermuatan lebih positif ke muatan positif yang lebih rendah. Jika dibandingkan dengan FeCl<sub>3</sub> maka rentang optimal pH tidak berbedah jauh (Luan dkk., 1997). Dosis Optimal dari Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> sebesar 100 mg/L (setara 9 mg/L aluminium) pada rentang pH 7,5 -8,5 dapat menurunkan kekeruhan dan TOC mencapai 10% and 65%, secara langsung (Mariam & Nghiem, 2010).

Jika dibandingkan antara koagulan kimia, penggunaan Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nampak lebih efisien dengan hasil efisiensi penyisihan yang lebih baik (Gambar 5). Untuk itu sebagian besar PDAM lebih memilih menggunakan FeCl<sub>3</sub>.

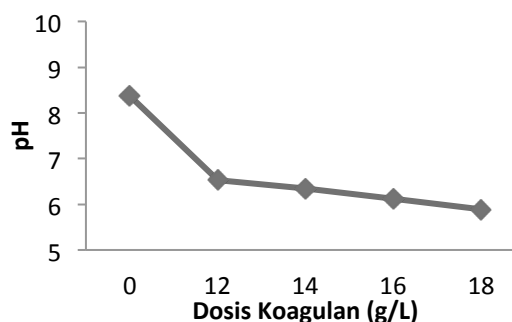


Gambar 5. Rasio BOD/COD hasil pengolahan koagulan Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan FeCl<sub>3</sub>

BOD (*Biological Oxygen Demand*) atau jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Tujuan penyisihan nilai BOD pada lindi TPA Jatibarang adalah untuk mengurangi kandungan organik yang ada pada lindi yang dapat diuraikan secara biologi.

Rasio BOD/COD pada pengolahan koagulasi meningkat walaupun tidak secara signifikan. Terjadi perbedaan nilai awal dari lindi yang cukup besar di mana pada FeCl<sub>3</sub> rasio cukup rendah sebesar 0,4 sedangkan Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cukup tinggi mencapai 0,78. Hal ini kemungkinan di pengaruhi oleh kondisi lingkungan saat dilakukan pengambilan lindi.

Proses koagulasi dan flokulasi pada kedua koagulan kimia tersebut menurunkan nilai pH (Gambar 6). Pada dosis 18 g/L, terjadi penurunan pH hingga di bawah baku mutu air buangan. Semakin asam maka proses akan semakin cepat dan efisien. Pada penelitian lainnya tanpa pengkondisian pH penggunaan dosis koagulan 0,32-0,6 AL<sup>3+</sup>/L hanya dapat mereduksi COD antara 11,5% dan 15%. Jika pH diatur menjadi 3,8, maka penurunan COD menjadi 27% dan kekeruhan mencapai 90%.(Marañón dkk., 2008) Substansi Hemic setelah diolah dengan koagulasi dapat turun lebih dari 70% (Poznyak dkk., 2008). Koagulasi dengan 7,5 mM Al<sup>3+</sup> menghasilkan penurunan solid dan warna sebesar. 80% and 93% dengan diikuti reduksi 30% chemical oxygen demand (COD) dari nilai awal COD sebesar 3500 mg/L (Mavros dkk., 2008).



Gambar 6. Grafik Nilai pH Hasil Koagulasi-Flokulasi Koagulan Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

#### 4. Kesimpulan

Karakteristik air lindi TPA Jatibarang termasuk dalam kategori "*moderately stable*" dan lindi muda. Penyisihan bahan organik dengan menggunakan koagulan kimia FeCl<sub>3</sub> dan Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menunjukkan nilai yang cukup signifikan untuk parameter COD, BOD, TSS. Penggunaan dosis optimal terjadi pada 16 g/L FeCl<sub>3</sub> serta 16 g/L Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat menurunkan nilai COD sebesar 51% dan 65%, BOD sebesar 50% dan 56%, dan TSS sebesar 24% dan 21%. Perubahan nilai pH akibat penambahan koagulan berpengaruh positif terhadap tingkat penyisihan, namun memberikan dampak negatif yaitu buih yang cukup banyak. Peningkatan rasion BOD/COD menunjukkan bahwa limbah semakin baik diolah secara biologi. Hal ini menguntungkan bagi sistem pengolahan lindi eksisting TPA Jatibarang.

**Daftar Pustaka**

- Ali, M., 2011. Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan Dan Kesehatan. Surabaya: UPN press.
- Ching, H., Tanaka, T. & Elimelech, M., 1994. dynamics of coagulation of kaolin particles with ferric chloride. *Water Research*, 28(3): 559–569.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E. & Eaton, A.D., 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC 20005-2605: American Public Health Association.
- Duan, J., Gregory, J. 2003. Coagulation by hydrolysing metal salts. *Adv. in Colloid Interface Sci.*, 100: 475–502..
- El-Fadel, M. & Bou-Zeid, E., 2002. High-strength leachate from municipal solid waste: An SBR treatability study. Beirut, EPCOWM.
- Englehardt, J.D. 2006. Options for Managing Municipal Landfill Leachate: Year 1 Development of Iron-Mediated Treatment Processes. Florida: University of Florida .
- Luan, Z., Tang, H. & Yu, C., 1997. Dynamic transformation and stability of hydrolyzed alum and polyaluminium in the coagulation and flocculation processes. *Acta Sci. Circums.*, 17 (3): 321–327..
- Li, W. et al., 2010. Treatment of stabilized landfill leachate by the combined process of coagulation/flocculation and powder activated carbon adsorption. *Desalination*, 264(1–2): 56–62.
- Liu, X. et al., 2012. Landfill leachate pretreatment by coagulation–flocculation process using iron-based coagulants: Optimization by response surface methodology. *Chemical Engineering Journal*, 200–202: 39–51. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1385894712007231>.
- Marañón, E. et al., 2008. Coagulation-flocculation as a pretreatment process at a landfill leachate nitrification-denitrification plant. *Journal of hazardous materials*, 156(1–3): 538–44. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389407018390>.
- Mariam, T. & Nghiem, L.D., 2010. Landfill leachate treatment using hybrid coagulation-nanofiltration processes. *Desalination*, 250(2): 677–681.
- Mavros, M. et al., 2008. Complete treatment of olive pomace leachate by coagulation, activated-carbon adsorption and electrochemical oxidation. *Water Research*, 42(12): 2883–2888.
- Moradi, M. & Ghanbari, F., 2014. Application of response surface method for coagulation process in leachate treatment as pretreatment for Fenton process: Biodegradability improvement. *Journal of Water Process Engineering*, 4(2014): 67–73. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214714414000841>.
- Ntampou, X., Zouboulis, A.I. & Samaras, P., 2006. Appropriate combination of physico-chemical methods (coagulation/flocculation and ozonation) for the efficient treatment of landfill leachates. *Chemosphere*, 62(5): 722–30. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653505006442>.
- Oloibiri, V. et al., 2015. A comparative study on the efficiency of ozonation and coagulation-flocculation as pretreatment to activated carbon adsorption when treating biologically stabilized landfill leachate. *Waste Management*, 43(3): 335–342. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.014>.
- Poznyak, T. et al., 2008. Decomposition of toxic pollutants in landfill leachate by ozone after coagulation treatment. *Journal of hazardous materials*, 152(3): 1108–14. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438940701117X>.
- Vedrenne, M. et al., 2012. Characterization and detoxification of a mature landfill leachate using a combined coagulation-flocculation/photo Fenton treatment. *Journal of hazardous materials*, 205–206: 208–215. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22244343>.
- Tchobanoglous, G.K.F., 2002. Handbook of Solid Waste Management, 2nd. s.l.:McGraw-Hill.
- TDX, 1999. The Ozone. [Online] Available at: <http://www.tesisrenred.net/bitstream/handle/10803/1520/TOL167B.pdf?sequence=2> [Accessed 15 Januari 2012].
- Renoua, S. et al., 2005. Landfill Leachate Treatment : Review And Opportunities.
- Rezagama, A. & Notodarmojo, S., 2012. Kinetika Transfer Ozondan Tren Kekekuhan dalam Air Lindi dengan Pengolahan Ozonisasi.
- Tjokrokusumo, 1995. Pengantar Engineering Lingkungan. Yogyakarta: STTL YLH.
- Zularisam, A., Ismail, A. & Salim, R., 2006. Behaviours of natural organic matter in membrane filtration for surface water treatment — a review. *Desalination*, 194(1-3): 211-231.