



PENGOLAHAN AIR LINDI MENGGUNAKAN METODE KOAGULASI FLOKULASI DENGAN KOMBINASI BIOKOAGULAN SODIUM ALGINAT – KOAGULAN Al_2SO_4 DAN *ADVANCED OXIDATION PROCESSES* (AOPs) DENGAN FENTON (Fe/H_2O_2)

Zuhda Nur Prabowo^{*)}, Arya Rezagama^{**)}, Mochtar Hadiwidodo^{**)}
Progr Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email : znprabowo@gmail.com

Abstrak

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 dan teknologi *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) dapat dijadikan sebagai alternatif pengolahan lindi TPA Jatibarang. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode koagulasi flokulasi dengan koagulan $FeCl_3$ dan teknologi AOPs dengan Fenton ($Fe-H_2O_2$) dengan tujuan untuk mengetahui dosis optimum dari koagulan $FeCl_3$ dan menganalisis hasil serta efisiensi pengolahan pada parameter BOD, COD, TSS dan warna. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan memvariasikan dosis $FeCl_3$ dan memvariasikan $FeSO_4$ untuk proses AOPs. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimum koagulan $FeCl_3$ berada pada dosis 12 gram/L, pada dosis tersebut nilai COD dapat tersisihkan sebesar 36,8 %, nilai BOD dapat tersisihkan sebesar 40,9, nilai TSS dapat tersisihkan sebesar 94,8 %, dan nilai warna dapat tersisihkan sebesar 87,0 %. Pada proses Fenton variasi yang paling efektif adalah dengan perbandingan 1,14 $FeSO_4:H_2O_2=1,14$ gram: 3,8 ml, efisiensi COD terbaik adalah 62,1 %, efisiensi TSS terbaik adalah 51,1 %, dan efisiensi warna terbaik mencapai 81,9 %. Sedangkan nilai BOD mengalami peningkatan setelah melalui AOPs ini. Namun jika dilihat rasio BOD_5/COD pada dosis 1,14 $FeSO_4:3,8$ ml H_2O_2 , rasio BOD_5/COD mengalami peningkatan dari 0,3 menjadi 0,6. Hal ini menandakan bahwa kemampuan biodegradabilitas lindi TPA Jatibarang meningkat.

Kata Kunci: Air lindi, koagulasi flokulasi, biokoagulan, fenton

Abstract

[Treatment of Landfill Leachate Using Coagulation Flocculation Method with Sodium Alginate as Biocoagulant and Aluminium Sulfate (Al_2SO_4) and Fenton Method]. 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 using flocculation and coagulation technology *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) can be used as an alternative treatment of landfill leachate Jatibarang. This research was conducted using the method of coagulation-flocculation with $FeCl_3$ coagulant and technology AOPs with Fenton (Fe / H_2O_2) in order to determine the optimum dose of coagulant $FeCl_3$ and analyze the results and efficiency of processing on the parameters BOD, COD, TSS and color. The study was conducted in a laboratory scale with varying doses varying $FeCl_3$ and $FeSO_4$ to AOPs process. The results of the study indicate that the optimum dose of coagulant $FeCl_3$ is at a dose of 12 g / L, at the dose may be excluded COD value of 36,8%, a value of 40,9 BOD can be excluded, the value of TSS can be excluded by 94,8 %, and the value colors can be excluded by 87,0%. In Fenton process variations are most effective with a ratio of 1,14 $FeSO_4: H_2O_2 = 1,14$ g: 3,8 ml, the best COD efficiency is 62,1%, best TSS efficiency is 51,1%, and the efficiency of achieving the best color 81.9%. While the BOD value increase after going through this AOPs. However, if viewed ratio BOD_5 / COD at a dose of 1,14 $FeSO_4: 3,8$ ml H_2O_2 , the ratio of BOD_5 / COD increased from 0,3 to 0,6. This indicates that the biodegradability of Jatibarang increased landfill leachate

Key words : Leachate, coagulation flocculation process, biocoagulant, fenton process



PENDAHULUAN

Membuang sampah merupakan sebuah aktivitas yang setiap hari dilakukan oleh manusia. Sampah tersebut akan ditimbun di sebuah TPA (Tempat Pemrosesan Akhir), dimana TPA tersebut menampung sampah dari seluruh penjurukota / kabupaten. TPA yang telah dibangun seharusnya memiliki berbagai fasilitas atau sarana prasarana yang sesuai dengan peraturan. Sarana prasarana tersebut berupa pengolahan gas metan, pengolahan lindi, tanah penutup, drainase dan sebagainya (Damanhuri, 1992). Sayangnya, masih sedikit TPA di Indonesia yang memiliki sarana prasarana dengan operasional yang baik dan optimal. Salah satunya adalah fasilitas pengolahan lindi yang sering kali terbengkalai dan tidak berjalan optimal.

Menurut Soemirat (1996), lindi atau *leachate* adalah larutan yang terjadi akibat bercampurnya air limpasan hujan (baik melalui proses infiltrasi ataupun proses perkolasi) dengan sampah yang telah membusuk dan mengandung zat tersuspensi yang sangat halus serta mikroba patogen. Lindi dapat menyebabkan kontaminasi yang potensial bagi air permukaan maupun air tanah.

Air lindi yang mengalir di permukaan tanah akan masuk ke dalam kolam penampungan. Kolam ini merupakan kolam aerasi sehingga kandungan materi kimia dan biologi dapat dikurangi. Air lindi yang telah diolah lalu akan dialirkan ke Sungai Kreo. Sayangnya, pengolahan lindi tersebut sering kali tidak beroperasi dan tidak erlalu efektif dalam pengolahannya, sehingga dibutuhkan alternatif lain yang dapat meningkatkan efektivitas pengolahan.

Salah satu pengolahan yang dapat dipilih adalah proses koagulasi-flokulasi dan Advanced Oxidation Process (AOP). Proses koagulasi-flokulasi telah berhasil diterapkan sebagai salah satu pengolahan lindi karena kemudahan /

kesederhanaannya dalam operasi dan implementasi (Wang et al, 2009). Koagulasi-flokulasi merupakan proses sederhana yang dapat mengolah lindi tua yang telah stabil dan sebagai *pre-treatment* untuk lindi muda (Ghafari et al, 2010). Aluminium sulfat (alum), *ferrous sulfate*, *ferric chloride* dan *poly-aluminum chloride* (PAC) adalah beberapa koagulan yang biasa digunakan dalam pengolahan lindi (Samadi et al, 2010).

Koagulan kimia yang sering digunakan, memiliki beberapa kelemahan. Koagulan ini relatif mahal harganya, memiliki efek mematikan bila masuk ke tubuh manusia dan menciptakan produk lumpur sebagai sisa pengolahan (Patale da Pandya, 2012). Menilik dari hal tersebut, penggunaan koagulan berbahan dasar tanaman (biokoagulan) menjadi salah satu alternatif yang dapat diterapkan karena biokoagulan bersifat tidak beracun, tingkat *biodegradable* yang tinggi dan produksi lumpur yang lebih sedikit (Sciban et al, 2009).

Penggunaan biokoagulan / natural koagulan dalam pengolahan limbah cair seperti limbah laundry, limbah tahu atau air buangan yang mengandung zat warna sudah pernah dilakukan (Chaibakhsh et al, 2014). Namun, penggunaan biokoagulan dalam pengolahan air lindi masih sangat jarang, sehingga proses koagulasi-flokulasi menggunakan biokoagulan dan dilanjutkan dengan AOPs dalam pengolahan lindi menjadi alternatif pengolahan yang patut untuk diteliti.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan dalam rentang waktu bulan Juli – September 2016. Sementara itu, kegiatan penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro dan laboratorium lain jika terdapat suatu uji yang tidak dapat dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan.

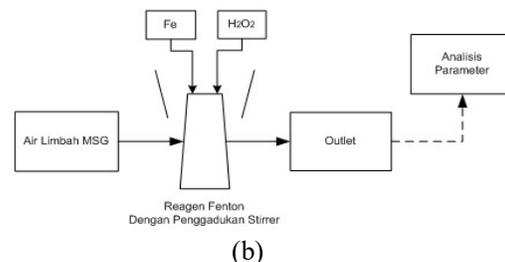
Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental-laboratoris, dimana penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan metode jar test pada proses koagulasi dan flokulasi, serta reaktor (gelas beker dan stirer) pada proses AOPs dengan senyawa fenton. Sampel air lindi yang telah disiapkan akan diuji karakteristik awalnya untuk kemudian dibandingkan dengan karakteristik setelah pengolahan. Proses koagulasi flokulasi yang akan dilakukan menggunakan biokoagulan sodium alginat. Proses oksidasi menggunakan fenton dilakukan setelah sampel air lindi melewati proses koagulasi flokulasi. Proses oksidasi yang dilakukan menggunakan sistem *batch*, dimana air lindi yang dihasilkan dari proses koagulasi flokulasi dimasukkan kedalam gelas beaker untuk kemudian direaksikan dengan fenton. Sampel air lindi yang telah direaksikan dengan fenton akan diuji kembali karakteristiknya.

Penelitian dengan metode koagulasi flokulasi menggunakan biokoagulan sodium alginat, yang menjadi variabel bebas adalah dosis biokoagulan yang digunakan,. Pada proses AOPs Fenton yang menjadi variabel bebas adalah variasi H_2O_2 serta waktu proses pengolahan (60, 120, 180 dan 240 menit). Variabel terikat dalam penelitian ini yakni kandungan BOD, COD, kekeruhan, TSS dan warna pada air lindi TPA Jatibarang Kota Semarang.

Urutan kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut

- Biokoagulan sodium alginat dipersiapkan dengan dosis yang sudah ditentukan sebelumnya (2,5 gr, 5 gr, 7,5 gr, 10 gr dan 12,5 gr)
- Serbuk Al_2SO_4 dipersiapkan dengan dosis sebesar 5 gr untuk masing – masing variasi dosis biokoagulan.

- Sampel air lindi sebanyak 500 ml masing-masing dimasukkan ke dalam gelas beker bervolume 1000 ml.
- Sampel air lindi yang telah dimasukkan ke dalam gelas beker akan dicek derajat keasamannya.
- Setiap dosis biokoagulan dan dosis aluminium sulfat (Al_2SO_4) yang telah disiapkan, dicampurkan ke dalam air lindi dengan volume 500 ml yang telah diukur pH-nya.
- Selanjutnya dilakukan Jarrest dengan kecepatan pengadukan yang sama. Pengadukan cepat berkecepatan 200 RPM selama 3 menit dan pengadukan lambat berkecepatan 45 RPM selama 15 menit. Sampel tersebut kemudian didiamkan selama 1 jam agar flok yang tercipta dapat mengendap. Perlakuan jarrest ini dilakukan sebanyak 2 kali ulangan (duplo) untuk setiap sample yang digunakan (Alert, dkk.1987).



Gambar 1 : Skema Pengolahan AOPs (a) Kombinasi O_3/H_2O_2 (b) Fenton

Tahapan terakhir dalam penelitian ini yaitu tahap analisis data dimana dilakukan pengambilan data hasil penelitian meliputi parameter BOD, COD, TSS dan pH pada limbah dan dilakukan perhitungan efisiensi proses.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Air Lindi

Sampel air lindi IPL TPA Jatibarang yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari saluran inlet IPL TPA Jatibarang. Saluran inlet merupakan

jalur masuknya air lindi menuju pengolahan di IPL dan belum mengalami pengolahan sama sekali. Pengambilan sampel air lindi 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.

Tabel 1 Karakteristik Awal Air Lindi TPA Jatibarang

No	Parameter	Satuan	Hasil
1.	BOD ₅	Mg/l	1626,5
2.	COD	Mg/l	3844,3
3.	Kekeruhan	NTU	300,0
4.	TSS	Mg/l	522,0
5.	Warna	PtCo	1600,4
6.	pH		8,4
7.	Suhu	°C	28,7

Tabel tersebut menunjukkan bahwa beberapa parameter air lindi berada di atas baku mutu. BOD₅ menunjukkan hasil sebesar 1626,5 mg/l, dimana baku mutu air limbah (sesuai permen LH No. 5 Tahun 2014) untuk BOD₅ air limbah sebesar 150 mg/l. Nilai COD menunjukkan hasil sebesar 3844,3 mg/l, dimana baku mutu COD hanya sebesar 300 mg/l. Nilai kekeruhan sebesar 300,0 NTU, dimana baku mutu kekeruhan sebesar NTU. Nilai TSS air lindi TPA Jatibarang sebesar 522 mg/l, dimana baku mutu sebesar 400 mg/l. Nilai warna sebesar 1600,4 mg/l sedangkan baku mutu warna sebesar. 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.

Pengujian karakteristik air lindi IPL TPA Jatibarang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Undip. Pengujian sampel air lindi dilakukan secara duplo (dua kali pengukuran pada sampel yang sama) dengan perhitungan error 5 %, yang kemudian diambil nilai rata – ratanya.

Proses Koagulasi Flokulasi

Proses koagulasi flokulasi memanfaatkan sifat koagulan untuk menurunkan parameter – parameter pada air limbah (Amor & Oller, 2014). Koagulan yang biasa digunakan adalah koagulan kimia seperti Al₂SO₄, FeCl₃ atau PAC karena sudah banyak tersedia di pasaran. Namun, pemakaian koagulan kimia memiliki beberapa dampak negatif sehingga harus diminimalisir untuk penggunaannya. Salah satu alternatif cara untuk mengurangi pemakaian koagulan kimia adalah menggunakan biokoagulan (koagulan yang berasal dari makhluk hidup).

Proses koagulasi flokulasi dilakukan menggunakan jar test, dimana dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 200 RPM selama 3 menit dan pengadukan lambat dengan kecepatan 45 RPM selama 15 menit. Proses pengadukan bertujuan untuk meratakan koagulan ke seluruh permukaan air limbah sehingga dapat membentuk flok yang dapat mengendap. Setelah proses pengadukan selesai, air limbah dидiamkan selama 1 jam sehingga flok dapat mengendap.

Biokoagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sodium alginat.

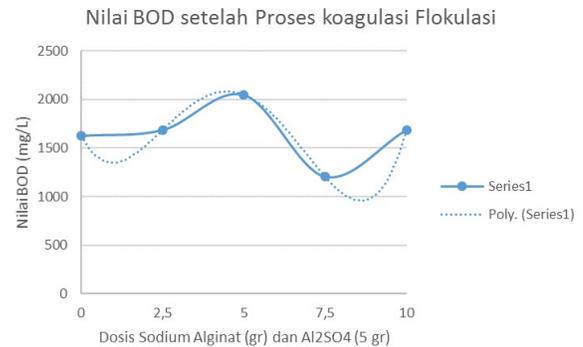
Sodium alginat Alginat merupakan konstituen dari dinding sel pada alga yang banyak dijumpai pada alga coklat (Phaeophycota). yang diperoleh dengan cara melarutkannya dalam alkali larutan natrium karbonat. Proses ini untuk menghilangkan selulosa sekaligus memisahkan algin dalam bentuk garam kalsium atau asam alginat. Alginat biasanya digunakan dalam bentuk garam misalnya garam Sodium, Calsium, Potasium dan Amonium dan juga dalam bentuk ester seperti Propylene glycol alginat. Sodium alginat yang digunakan pada penelitian ini dibuat di China.

Dosis Al_2SO_4 yang digunakan adalah sebanyak 5 gr untuk setiap variasi dosis biokoagulan (2,5 gr ; 5 gr ; 7,5 gr ; 10 gr). Selain campuran antara sodium alginat dengan Al_2SO_4 , diuji pula kemampuan biokoagulan sodium alginat tanpa dicampur dengan Al_2SO_4 . Sodium alginat yang diuji sebesar 12,5 gr untuk kemudian dibandingkan kinerjanya dengan sodium alginat yang dicampur Al_2SO_4 .

Pengaruh Dosis Biokoagulan Sodium Alginat dan Koagulan Al_2SO_4 terhadap Nilai BOD dalam Air Lindi TPA Jatibarang

Proses koagulasi flokulasi menggunakan campuran biokoagulan sodium alginat dan Al_2SO_4 dapat menurunkan nilai BOD pada air lindi IPL TPA Jatibarang. Pada dosis biokoagulan sodium alginat sebesar 2,5 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr, nilai BOD berubah menjadi 1686,7 mg/l. Kemudian, pada pencampuran biokoagulan sodium alginat (5 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr), nilai BOD menjadi 2891,6 mg/l. Untuk dosis biokoagulan sodium alginat sebesar 7,5 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr, nilai BOD kembali mengalami penurunan menjadi sebesar 1204,8 mg/l. Kemudian, dengan dosis biokoagulan sodium alginat sebesar 10 gr dan Al_2SO_4 5 gr, nilai BOD mengalami sedikit kenaikan menjadi

sekitar 1686,7 mg/l. Nilai BOD cenderung mengalami penurunan namun tidak terlalu stabil.

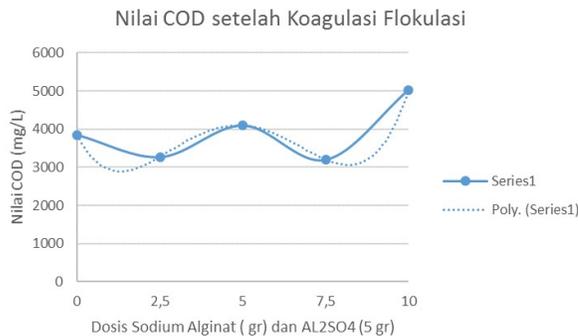


Gambar 2. Grafik Nilai BOD

Perubahan – perubahan nilai BOD tersebut dipengaruhi beberapa hal yakni besarnya dosis yang digunakan, sifat – sifat sodium alginat dan reaksi sodium alginat dengan Al_2SO_4 . Selain itu, dari data nilai BOD diatas dapat dilihat bahwa penggunaan biokoagulan sodium alginat tanpa pencampuran dengan koagulan kimia justru akan membuat nilai BOD menjadi lebih tinggi. Hal ini diakibatkan oleh sifat sodium alginat yang merupakan senyawa organik pula sehingga terdapat bagian – bagian yang bereaksi dengan senyawa didalam air lindi. Pada sisi lainnya, koagulan kimia Al_2SO_4 yang memang sudah terbukti kualitasnya, mampu menurunkan nilai BOD mencapai angka 481,3 mg/l. Sehingga pencampuran koagulan kimia masih diperlukan dalam pemakaian biokoagulan sodium alginat.

Proses koagulasi flokulasi pada pengolahan air lindi IPL TPA Jatibarang menggunakan biokoagulan sodium alginat yang dikombinasikan dengan koagulan Al_2SO_4 dapat menurunkan nilai COD air lindi tersebut. Biokoagulan sodium alginat dengan dosis sebesar 2,5 gr dikombinasikan dengan Al_2SO_4 (5 gr)

menghasilkan nilai COD sebesar 3272,9 mg/l. Pemakaian biokoagulan sodium alginat (5 gr) dengan Al_2SO_4 (5 gr) menghasilkan nilai COD sebesar 3701,4 mg/l. Sedangkan pencampuran biokoagulan sodium alginat (7,5 gr) dengan Al_2SO_4 (5 gr) mampu menurunkan nilai COD menjadi sebesar 3344,3 mg/l. Pencampuran biokoagulan sodium alginat (10 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr) menunjukkan penurunan nilai COD yang tidak terlalu signifikan, yakni menjadi 4987,1 mg/l. Sedangkan pencampuran biokoagulan sodium alginat saja sebesar 12,5 gr justru menjadikan nilai COD air lindi lebih tinggi dari sebelumnya. Adapun nilai COD-nya sebesar 6415,7 mg/l. Dan seperti parameter BOD, koagulan Al_2SO_4 mampu menurunkan nilai COD menjadi sebesar 630 mg/l.



Gambar 3. Grafik Nilai COD

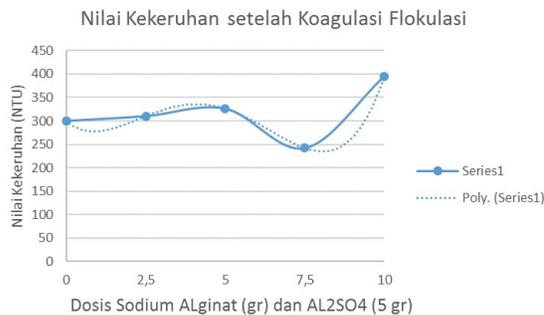
Penurunan nilai COD yang tidak begitu signifikan atau justru menaikkan nilai COD, menunjukkan bahwa pemakaian biokoagulan sodium alginat tidak dapat mendegradasi dengan baik jika tidak ditambahkan dengan koagulan kimia seperti Al_2SO_4 . Tentunya hal ini menjadi sebuah sisi yang harus dicari solusinya dan menjadi sebuah pertimbangan dalam pemakaian biokoagulan sodium alginat. Kurang optimalnya kinerja biokoagulan sodium alginat dapat dipengaruhi beberapa

hal, dan salah satu yang menjadi faktor terkuat adalah sifat sodium alginat itu sendiri. Sodium alginat yang berasal dari organisme hidup memiliki banyak senyawa organik dan memiliki rantai / gugus fungsi yang cukup kompleks, lalu senyawa – senyawa tersebut akan bereaksi dengan senyawa yang terkandung didalam air lindi. Hasil reaksi tersebut justru membuat parameter – parameter dalam air lindi menjadi sulit didegradasi. Sedangkan koagulan Al_2SO_4 yang notabene merupakan koagulan kimia, memiliki kemampuan untuk memotong senyawa – senyawa organik di dalam air lindi, sehingga mampu menurunkan parameter COD dengan efektif.

Pengaruh Dosis Biokoagulan Sodium Alginat dan Koagulan Al_2SO_4 terhadap nilai kekeruhan dalam Air Lindi TPA Jatibarang

Pada proses pengolahan koagulasi flokulasi, kombinasi dosis yang pertama (biokoagulan sodium alginat 2,5 gr dengan koagulan Al_2SO_4 5 gr) menghasilkan nilai kekeruhan sebesar 310 NTU. Lalu, kombinasi dosis kedua menghasilkan nilai kekeruhan yang kembali naik yakni sebesar 326 NTU. Kemudian terjadi sebuah penurunan pada kombinasi dosis ketiga, dimana biokoagulan sodium alginat 7,5 gr dan Al_2SO_4 5 gr berhasil menurunkan tingkat kekeruhan menjadi sekitar 242 NTU. Penurunan ini dapat dikatakan signifikan karena pada dosis lain justru terjadi peningkatan nilai kekeruhan. Begitu pula pada dosis keempat yakni biokoagulan sodium alginat sebesar 10 gr dan Al_2SO_4 5 gr terjadi peningkatan kekeruhan menjadi sebesar 395 NTU. Tingkat kekeruhan pada air lindi yang hanya dicampur oleh biokoagulan sodium alginat meningkat dengan cukup signifikan menjadi bernilai 509 NTU. Dan koagulan kimia yang sudah terbukti handal mampu

menurunkan kekeruhan menjadi sekitar 75,2 NTU.

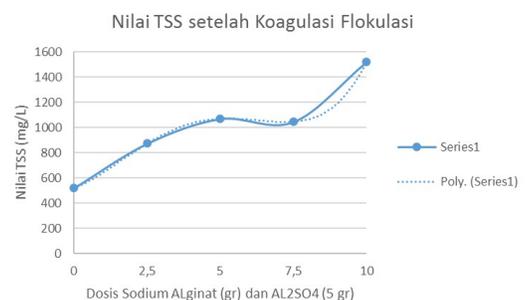


Gambar 4. Grafik Nilai Kekeruhan

Kenaikan yang terjadi pada nilai kekeruhan air lindi IPL TPA Jatibarang dipengaruhi oleh sifat dari biokoagulan sodium alginat yang memiliki kemampuan untuk membentuk struktur menyerupai agar – agar. Kondisi ini menyebabkan air lindi TPA Jatibarang menjadi kental dan agak sulit dibaca dengan turbidimeter. Kondisi tersebut dapat diimbangi oleh keberadaan koagulan Al_2SO_4 yang dapat membuat sifat pengental dari biokoagulan sodium alginat menjadi berkurang. Data kekeruhan yang ditampilkan dalam tabel menunjukkan semakin banyak kandungan biokoagulan sodium alginat, maka semakin besar pula kekeruhan yang terjadi. Namun, hal tersebut tidak terjadi di dosis sodium alginat 7,5 gr dengan Al_2SO_4 5 gr. Nilai kekeruhan justru dapat turun hingga bernilai 242 mg/l. Sedangkan pada dosis biokoagulan sodium alginat 12,5 gr tanpa pencampuran Al_2SO_4 nilai kekeruhan menjadi naik sebesar 509 mg/l. Nilai tersebut berbeda jauh dari hasil kekeruhan dengan air lindi yang hanya dicampur dengan Al_2SO_4 5 gr yakni sebesar 75,2 mg/l

Pengaruh Dosis Biokoagulan Sodium Alginat dan Koagulan Al_2SO_4 terhadap nilai TSS dalam Air Lindi TPA Jatibarang

Proses koagulasi flokulasi menggunakan biokoagulan sodium alginat dan koagulan Al_2SO_4 menunjukkan hasil TSS yang kurang bagus. Penggunaan bikoagulan sodium alginat (2,5 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr) menghasilkan nilai TSS sebesar 675 mg/l. Sedangkan pencampuran biokoagulan sodium alginat sebesar 5 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr menghasilkan nilai TSS sebesar 1061 mg/l. Kemudian, pencampuran biokoagulan sodium alginat sebesar 7,5 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr menghasilkan nilai TSS sebesar 1215 mg/l. Lalu, pencampuran bikoagulan sodium alginat sebesar 10 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr menghasilkan nilai TSS sebesar 1548 mg/l. Pencampuran bikoagulan sodium alginat sebesar 12,5 gr tanpa Al_2SO_4 menghasilkan nilai TSS sebesar 1998 mg/l. Menilik dari hasil TSS yang didapat, dapat disimpulkan bahwa semakin besar dosis biokoagulan sodium alginat maka akan semakin besar pula nilai TSS. Jika dibandingkan dengan pemakaian koagulan Al_2SO_4 , nilai TSS yang didapat bernilai sebesar 319 mg/l.



Gambar 4. Grafik Nilai TSS

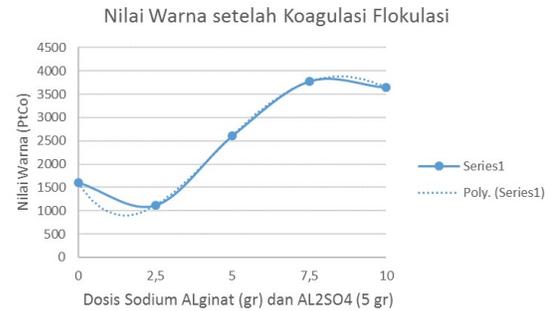
Nilai TSS yang cenderung meingkat sebanding dengan dosis biokoagulan sodium alginat yang digunakan. Hal ini diakibatkan oleh sifat sodium alginat yang berperan sebagai pengental, sehingga air lindi yang seharusnya dapat disaring dengan kertas saring justru menjadi terhambat. Selain itu, akibat dari air lindi

yang mengental, proses penyaringan memakan waktu yang cukup lama hingga semua sampel tersaring

Pengaruh Dosis Biokoagulan Sodium Alginat dan Koagulan Al_2SO_4 terhadap nilai Warna dalam Air Lindi TPA Jatibarang

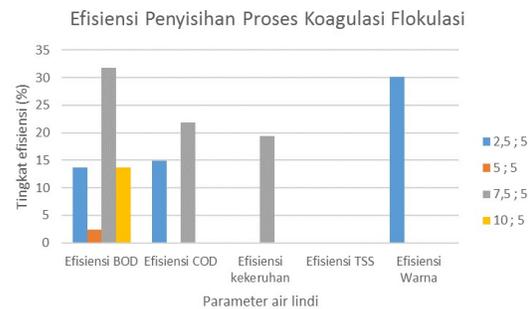
Pada pengolahan air lindi IPL TPA Jatibarang menggunakan biokoagulan Sodium Alginat menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Pencampuran biokoagulan sodium alginat sebesar 2,5 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr menghasilkan nilai warna sebesar 1217,17 PtCo. Sedangkan pada pencampuran biokoagulan sebesar 5 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr menghasilkan nilai warna sebesar 2579,89 PtCo yang berarti mengalami kenaikan. Lalu, pencampuran biokoagulan sodium alginat sebesar 7,5 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr menghasilkan nilai warna sebesar 3729,69 PtCo. Lalu pencampuran biokoagulan sodium alginat sebesar 10 gr dan Al_2SO_4 sebesar 5 gr menghasilkan nilai warna sebesar 3630,33 PtCo. Sedangkan pencampuran biokoagulan sodium alginat sebesar 12,5 gr tanpa Al_2SO_4 , menghasilkan nilai warna sebesar 4765,93 PtCo. Lalu, pencampuran koagulan Al_2SO_4 sebesar 5 gr menghasilkan nilai warna sebesar 1302,34 PtCo. Beberapa hasil yang didapatkan diatas menunjukkan bahwa nilai warna cenderung mengalami kenaikan ketika dosis biokoagulan semakin besar. Namun, pada dosis terkecil biokoagulan sodium alginat, nilai warna dapat diturunkan walaupun tidak signifikan. Kondisi tersebut hampir sama dengan pemakaian koagulan Al_2SO_4 yang menghasilkan nilai warna hampir sama. Sifat biokoagulan sodium alginat dan reaksinya dengan Al_2SO_4 menghasilkan senyawa atau unsur yang mempengaruhi nilai warna dalam

lindi. Sehingga semakin besar dosisnya, semakin besar pula kenaikan nilai warnanya.



Gambar 5. Grafik Nilai Warna

Pentuan Dosis Optimum pada Proses Koagulasi Flokulasi



Gambar 6. Tingkat Efisiensi Penyisihan Proses Koagulasi Flokulasi

Tingkat efisiensi penyisihan dari setiap variasi dosis adalah sebagai berikut ; pada dosis sodium alginat (2,5 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr) terjadi penyisihan nilai BOD sebesar 14 %, penyisihan nilai COD sebesar 15 % dan penyisihan warna sebesar 30 %. Sedangkan pada dosis sodium alginat (5 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr) hanya mampu menurunkan nilai BOD sebesar 2 %. Sedangkan pada dosis sodium alginat (7,5 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr) terjadi penyisihan nilai BOD sebesar 32 %, penurunan nilai COD sebesar 22 % dan penurunan nilai kekeruhan sebesar 19 %. Pada dosis sodium alginat (10 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr) terjadi penurunan nilai BOD

sebesar 14 % dan parameter lainnya memiliki nilai negatif. Sedangkan untuk pemakaian sodium alginat (12,5 gr) tanpa campuran koagulan kimia, menunjukkan penurunan nilai BOD sebesar 11 %. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa penggunaan biokoagulan sodium alginat dan koagulan Al_2SO_4 tidak dapat menurunkan semua parameter dengan efisiensi yang baik. Data menunjukkan, dosis yang paling optimal dalam proses koagulasi flokulasi terjadi pada dosis biokoagulan sodium alginat (7,5 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr), dimana terjadi penyisihan parameter BOD, COD dan kekeruhan dengan tingkat efisiensi yang paling besar.

Proses Pengolahan Air Lindi IPL TPA Jatibarang Menggunakan Fenton (Fe/ H_2O_2).

Air lindi yang telah melewati pengolahan sebelumnya (proses koagulasi flokulasi) akan kembali diolah menggunakan proses fenton (Fe/ H_2O_2) untuk meningkatkan kualitas air lindi yang akan dibuang ke lingkungan. Proses fenton merupakan penambahan hidrogen peroksida (H_2O_2) dan fero sulfat ($FeSO_4$) pada air limbah yang akan diolah. Proses fenton mampu mendegradasi kandungan organik di dalam air lindi sehingga mampu menurunkan parameter yang telah ditentukan. Pada pengolahan koagulasi flokulasi, telah didapatkan kualitas air lindi dengan nilai sebagai berikut

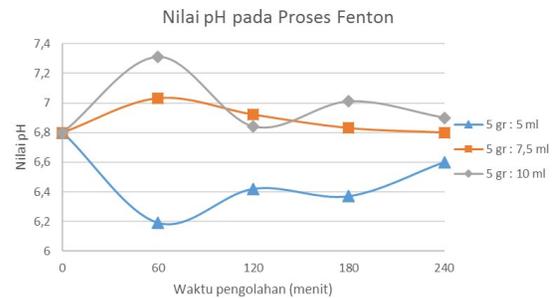
Tabel 4. 2 Karakteristik Air Lindi setelah Proses Koagulasi Flokulasi

No	Parameter	Satuan	Hasil
1.	BOD5	Mg/l	1807,5
2.	COD	Mg/l	3344,3

3.	Kekeruhan	NTU	242,0
4.	TSS	Mg/l	1215,0
5.	Warna	PtCo	3729,7
6.	pH		6,8
7.	Suhu	$^{\circ}C$	27,9

Pengaruh Waktu Pengolahan dan Varias Dosis Fenton (Fe/ H_2O_2) terhadap Nilai pH dan Suhu dalam Air Lindi TPA Jatibarang

Parameter pH dan suhu merupakan salah satu kondisi yang menentukan tingkat efisiensi pengolahan dengan proses fenton. Fenton dapat bekerja secara optimal dengan kondisi lingkungan yang asam (nilai pH antara 3 – 6). Air lindi yang telah melewati proses koagulasi flokulasi memiliki nilai pH 6,8 sehingga masih termasuk kondisi asam.



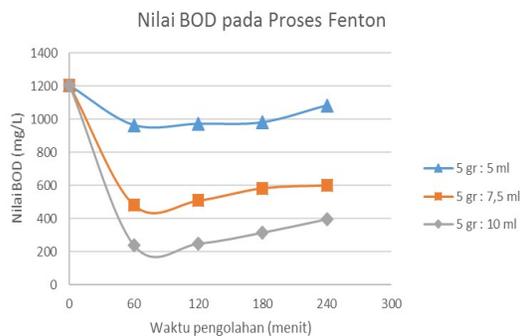
Gambar 7. Nilai pH pada Proses Fenton

Grafik diatas menunjukkan selama proses Fenton berlangsung, terjadi fluktuasi nilai pH didalam air lindi. Fluktuasi tersebut dikarenakan dosis Fenton yang berbeda dan waktu reaksi yang sedang berlangsung. Pada rentang waktu 0 – 60 menit, reaksi yang terjadi belum merata dan belum stabil sehingga nilai pH yang terukur terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Sedangkan pada rentang waktu 120 – 240 menit, reaksi

fenton sudah cenderung stabil dan pH yang terukur bernilai hampir sama.

Pengaruh Waktu Pengolahan dan Varias Dosis Fenton ($\text{Fe}/\text{H}_2\text{O}_2$) terhadap Nilai BOD dalam Air Lindi TPA Jatibarang

BOD menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologi (*biodegradable*). Keberadaan bahan-bahan toksik akan mengganggu kemampuan mikroba dalam mengoksidasi bahan organik (Effendi, 2003). Banyak senyawa organik yang sulit dioksidasi secara biologi dan zat organik tertentu mungkin beracun untuk mikroorganisme yang digunakan dalam pengujian BOD (Tchobanoglous, 2003).



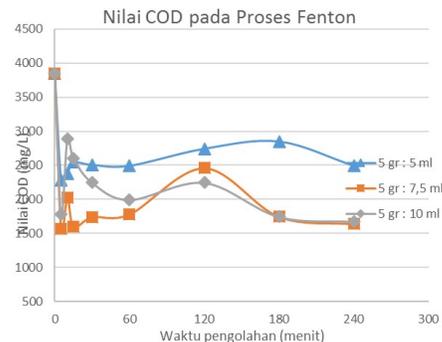
Gambar 8. Grafik BOD pada Proses Fenton

Nilai BOD pada air lindi cenderung akan meningkat setelah melalui proses fenton. Studi yang dilakukan Sururi, 2014 menyebutkan senyawa H_2O_2 diduga dapat berperan sebagai senyawa pengganggu terhadap pengukuran BOD. Kehadiran H_2O_2 berbahaya bagi kehidupan organisme, ketika jumlah H_2O_2 berlebih (Kurniawan *et al.*, 2006). Disisi lain dapat disimpulkan bahwa radikal hidroksil yang terbentuk pada proses sudah berhasil dalam meningkatkan biodegradabilitas limbah. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Sururi, 2014 menyebutkan bahwa terjadi peningkatan kandungan BOD pada lindi setelah proses AOPs, dengan peningkatan

BOD terbesar terjadi pada proses ozon konvensional.

Pengaruh Waktu Pengolahan dan Varias Dosis Fenton ($\text{Fe}/\text{H}_2\text{O}_2$) terhadap nilai COD dalam Air Lindi TPA Jatibarang.

Nilai parameter COD pada proses fenton memiliki nilai yang fluktuatif, dimana pada menit awal terjadi reaksi yang cepat untuk penurunan nilai COD lalu pada menit selanjutnya terjadi peningkatan nilai COD kembali. Beltran dalam Rezagama (2012), menyebutkan tipikal umum dari penurunan COD limbah dapat dibagi menjadi dua tahap. Pertama, fase penurunan cepat dimana terjadi penurunan dengan kecepatan tinggi, setelah itu tahap kedua terjadi titik balik dimana kecepatan reaksi menurun akibat terbentuknya karbon organik sebagai hasil sementara proses.



Gambar 9. Grafik COD pada Proses Fenton

Pada proses AOPs Fenton efisiensi penyisihan COD dengan penambahan 5 ml H_2O_2 berkisar antara 31,96% sampai dengan 33 %, sedangkan untuk penambahan 7,5 ml H_2O_2 dan 10 ml H_2O_2 efisiensi penyisihan COD yaitu berkisar antara 35% sampai dengan 42,18% dan 36,27% sampai dengan 43,95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD terbaik pada proses Fenton yaitu dengan penambahan 7,5

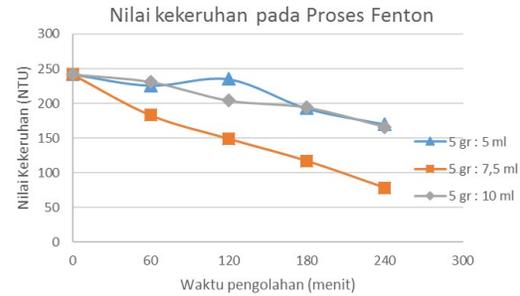
ml H_2O_2 . Hal ini dikarenakan penggunaan dosis Fe/H_2O_2 dalam Fenton berpengaruh terhadap kondisi optimum yang dihasilkan (Elfiana, 2013).

Jika dilihat terhadap waktu kontak pengolahan, efisiensi penyisihan COD pada proses AOPs kombinasi O_3/H_2O_2 selama 60 menit pertama berhasil menyisihkan 18,97%, sedangkan pada 60 menit selanjutnya (menit ke-120) efisiensi penyisihan antara 3,01% sampai dengan 33,59%. Pada waktu kontak pengolahan ke-180 dan ke-240 efisiensi penyisihan COD berkisar antara 26,41% sampai dengan 34,94% dan 3,08% sampai dengan 23,08%. Sedangkan pada proses Fenton efisiensi penyisihan COD pada proses AOPs Fenton dengan waktu kontak pengolahan 60 menit yaitu berkisar antara 18,27% sampai dengan 48,59%, dan pada waktu kontak 120 menit memiliki efisiensi penyisihan COD berkisar antara 23,49% sampai dengan 33,01%. Sedangkan pada menit ke-180 dan 240 masing-masing memiliki efisiensi sebesar 18,72% sampai dengan 37,18% dan 27,05% sampai dengan 31,96%. Berdasarkan data hasil pengolahan, secara keseluruhan rata-rata penurunan parameter COD yaitu sebesar 213598 mg/l atau sebesar 18%.

Pengaruh Waktu Pengolahan dan Variasi Dosis Fenton (Fe/H_2O_2) terhadap nilai kekeruhan dalam Air Lindi TPA Jatibarang.

Kekeruhan air lindi disebabkan oleh humin dan sedikit asam humat yang bersifat tidak

Hasil penelitian pada proses AOPs kombinasi O_3/H_2O_2 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD terbesar



Gambar 10. Grafik Kekeruhan pada Proses Fenton
terdapat pada penambahan 200 ml H_2O_2 di

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian menggunakan proses koagulasi flokulasi dengan kombinasi biokoagulan sodium alginat dan koagulan AL_2SO_4 dilanjutkan dengan proses fenton telah menghasilkan beberapa kesimpulan. Antara lain

1. Proses koagulasi flokulasi menggunakan kombinasi biokoagulan sodium alginat dan koagulan AL_2SO_4 dengan beberapa variasi dosis, menunjukkan hasil yang tidak terlalu baik. Variasi pertama yakni dosis sodium alginat (2,5 gr) dan AL_2SO_4 (5 gr), menunjukkan hasil BOD sebesar 1686,7 mg/L, hasil COD 3272,9 mg/L, hasil kekeruhan sebesar 310 NTU, hasil TSS sebesar 675,0 mg/L dan nilai warna sebesar 1217,2. Sehingga, pada variasi dosis pertama, meskipun tidak terlalu signifikan, hanya parameter COD dan warna yang dapat diturunkan. Sedangkan pada variasi kedua yakni SA (5 gr) dan AL_2SO_4 (5 gr) hanya parameter COD yang mampu diturunkan dan masih belum signifikan. Variasi ketiga yakni SA (7,5 gr) dan AL_2SO_4 (5gr) menunjukkan nilai efisiensi yang cukup baik, dimana parameter COD, BOD dan kekeruhan dapat diturunkan hingga 20%. Sedangkan pada variasi keempat yakni



- SA (10 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr) hanya mampu menurunkan nilai BOD pada air lindi. Sehingga, dari semua variasi dosis, variasi dosis yang ketiga yakni SA (5 gr) dan Al_2SO_4 (5 gr) merupakan dosis yang paling baik karena mampu menurunkan nilai parameter COD, BOD dan kekeruhan.
2. Parameter BOD, COD, kekeruhan, TSS dan warna setelah melewati proses koagulasi flokulasi masih menunjukkan nilai di atas baku mutu. Selain itu, pengolahan koagulasi flokulasi menggunakan biokoagulan sodium alginat cenderung tidak efektif dan tidak terlalu berpengaruh terhadap kondisi air lindi.
 3. Proses Fenton (Fe/H_2O_2) yang telah dilakukan, menunjukkan hasil yang cukup baik. Variasi dosis Fe/H_2O_2 yang diujikan mampu menurunkan parameter air lindi yang telah ditetapkan. Parameter air lindi pada variasi fenton pertama (5 gr dan 5 ml) menunjukkan penurunan nilai, terutama pada menit 60 untuk parameter BOD dan menit ke 240 untuk parameter warna dan kekeruhan. Sedangkan pada dosis kedua nilai penurunan parameter cenderung lebih besar disetiap waktu pengolahan. Namun, pada dosis fenton yang ketiga, kondisi parameter cenderung sama atau sedikit lebih baik daripada dosis fenton yang kedua. Sehingga dapat disimpulkan, pemakaian dosis fenton yang optimal berada diantara variasi kedua atau ketiga.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan memunculkan beberapa saran yang sekiranya dapat meningkatkan hasil yang telah didapat sebelumnya. Antara lain

1. Penggunaan biokoagulan sebagai salah satu alternatif pengolahan air lindi harus dikaji kembali.

- Pemilihan biokoagulan sangat penting untuk efisiensi dalam proses koagulasi flokulasi
2. Pengaturan derajat keasaman selama proses koagulasi flokulasi dan proses fenton layak dicoba karena kondisi pH mempengaruhi kinerja dari setiap koagulan dan reagen yang ditambahkan selama pengolahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chaibakhsh, N., Ahmadi, N., Zanjachi, M.A., 2014. Use of *Plantago major* L as a natural coagulant for optimized decolorization of dye-containing wastewater. *Ind. Crops Prod.* 61,169-175
- Damanhuri, Enri. Diktat Landfilling Limbah. Bandung: ITB, 2008.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta : Kanisius
- Englehardt, James D. Options for Managing Municipal Landfill Leachate: Year 1 Development of Iron-Mediated Treatment Processes. Vols. Report #0432024-06. Florida: University of Florida, 2006.
- Ghafari, S., Abdul Aziz, H., Bashi, M.J.K., 2010. The use of poly-aluminum chloride and alum for the treatment of partially stabilized leachate: a comparative study. *Desalination* 257, 110-116.
- Kang , K.H., Shin, H.S., Park, H., 2002. Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications. *Water Res.* 36, 4023-4032



- Kurniawan, T., & A. (2006). Radicals-Catalyzed Oxidation Reactions For Degradation Of Recalcitrant Compounds From Landfill Leachate. Hong Kong: Hongkong Polytechnic University.
- Samadi, M.T., Saghi, M.H., Rahmani, A., Hasanvand. J., Rahimi, S., Shirzard Syboney, M., 2010. Hamadan landfill leachate treatment by coagulation-flocculation process. Iran. Environ. Health Sci. Eng. 7, 253-258
- Soemirat, Juli. Kesehatan Lingkungan. Jogjakarta : UGM Press, 1996.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H. D., 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill, New York.
- Wang, X., Chen, S., Gu, X., Wang, K. 2009. Pilot study on the advanced treatment of landfill leachate using a combined coagulation, fenton oxidation and biological aerated filter process. Waste Manage. 29, 1354-1358