

PENENTUAN KOAGULAN UNTUK MENGOLAH AIR LINDI BANTAR GEBANG MENGGUNAKAN KOAGULAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDE*, TAWAS DAN *POLYDIALLYL DIMETHYL AMMONIUM CHLORIDE*

Muhammad Lindu, Bambang Iswanto dan Nancy Senduk

Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL - Universitas Trisakti

Jl. Kay Tapa No.1 Grogol, Jakarta Barat

Email: muhammad_lindu@yahoo.com

Diterima: 3 Agustus 2015

Diperbaiki: 4 September 2015

Disetujui: 29 September 2015

ABSTRAK

PENENTUAN KOAGULAN UNTUK MENGOLAH AIR LINDI BANTAR GEBANG MENGGUNAKAN KOAGULAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDE*, TAWAS DAN *POLYDIALLYL DIMETHYL AMMONIUM CHLORIDE*. Telah dilakukan penentuan dosis optimum pada ketiga jenis koagulan *Poly Aluminium Chloride (PAC)*, tawas dan *Polydiallyl Dimethyl Ammonium Chloride (POLYDADMAC)* pada air lindi yang berasal dari inlet Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) III Bantar Gebang Bekasi. Tujuan penelitian untuk menentukan jenis koagulan, dosis dan pH optimum untuk mengolah air lindi serta mengetahui sifat atau karakteristik dari lumpur hasil koagulasi. Air lindi dikoagulasi dan diflokulasi menggunakan jarrest pada pH 7 pada berbagai variasi dosis koagulan. Dosis *PAC* divariasikan antara 150 mg/L sampai dengan 1200 mg/L, dosis tawas antara 200 mg/L sampai dengan 1400 mg/L dan dosis *POLYDADMAC* antara 25 mg/L sampai dengan 225 mg/L guna mendapatkan dosis koagulan optimum. Dosis optimum koagulan ini selanjutnya digunakan untuk menentukan pH optimum dengan cara memvariasikan pH koagulasi pada pH 6; 6,5; 7; 7,5 dan 8. Parameter yang diukur adalah *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *TSS*, ammonia, nitrat, dan kekeruhan serta penentuan karakteristik lumpur berupa nilai *sludge volume index (SVI)*. Penyisihan *COD* optimum diperoleh pada dosis 800 mg/L untuk *PAC* dan 1200 mg/L untuk Tawas, dan 125 mg/L untuk *POLYDADMAC*. Penyisihan ammonia dan nitrat dari proses koagulasi dan flokulasi terbukti tidak efektif, penurunan kekeruhan mencapai 66,6% - 71,2% dan *TSS* 42,4% - 52%. Penyisihan terbesar hanya pada *TSS* dan kekeruhan dan tidak banyak berpengaruh pada penyisihan ammonia dan nitrat. Lumpur hasil koagulasi penggunaan ketiga koagulan tersebut menunjukkan bahwa lumpur hasil koagulasi dengan *PAC* menghasilkan lumpur yang lebih kompak dan padat dibanding dengan tawas dan *POLYDADMAC*. Lumpur yang dihasilkan menggunakan koagulan *POLYDADMAC* lebih banyak menyerap air dibanding tawas dan *PAC*. Lama waktu yang diperlukan untuk pengeringan lumpur sampai mencapai berat stabil adalah 12 hari dengan suhu ruang 26,7 °C hingga 28,7 °C dengan kelembaban 48 hingga 61%.

Kata kunci: *Leachate*, Koagulasi, *PAC*, Tawas, *POLYDADMAC*

ABSTRACT

DETERMINATION OF *POLY ALUMINIUM CHLORIDE*, ALUM AND *POLYDIALLYL DIMETHYL AMMONIUM CHLORIDE* COAGULANT FOR WATER TREATMENT OF BANTAR GEBANG LEACHATE. The determination of the optimum dosage has been performed on three types of *PAC* coagulant, alum and *POLYDADMAC* in leachate water that comes from Waste Water Treatment Plant inlet (IPAS) III Bantar Gebang Bekasi. The aim of research to determine the type of coagulant and pH optimum dose and to treat water leachate and to know the nature or characteristics of the sludge coagulation results. Water Leachate coagulated and flocculated using jarrest at pH of 7 at various dose of coagulant. *PAC* dose varied between 150 mg/L to 1200 mg/L, alum doses between 200 mg/L to 1400 mg/L and *POLYDADMAC* doses between 25 mg/L to 225 mg/L in order to obtain optimum coagulant dose. Coagulant optimum dose is then used to determine the optimum pH with pH varying ways coagulation at pH 6; 6.5; 7; 7.5 and 8. The parameters

measured were COD, TSS, ammonia, nitrate and turbidity as well as the determination of the characteristics of the sludge in the form of value SVI (sludge volume index). Optimum COD removal was obtained at a dose of 800 mg/L for the PAC and 1200 mg/L for Tawas, and 125 mg/L for POLYDADMAC. Provision for ammonia and nitrate from coagulation and flocculation processes proved ineffective, decreased turbidity reached 66.6% - 71.2% and 42.4% TSS - 52%. The allowance for only the TSS and turbidity and did not have much effect on the elimination of ammonia and nitrate. The sludge were produced by coagulation showed that the results of coagulation with PAC, sludge were produced more compact and dense compared with alum and POLYDADMAC. Sludge were produced using coagulant of POLYDADMAC absorb more water than alum and PAC. The length of time required for drying the sludge to reach a stable weight was 12 days at room temperature 26.70 °C - 28.7 °C with humidity of 48-61%.

Keywords: Leachate, Coagulant, PAC, Alum, POLYDADMAC

PENDAHULUAN

Air lindi (*leachate*) adalah cairan yang keluar dari tempat pembuangan akhir (TPA) sampah. Dampak kegiatan TPA ini sangat berperan dalam menurunkan kualitas lingkungan karena tingginya kandungan pencemar yang dikenal sebagai *leachate* [1]. Air lindi merupakan cairan yang mengandung pencemar dari hasil degradasi sampah baik secara biologi maupun kimiawi berupa senyawa anorganik, organik dan logam yang ikut terlarut dalam air baik dari air hujan maupun air tanah dan meresap dibawah tumpukan sampah tersebut [2]. Cairan air lindi *landfill* umumnya berwarna coklat tua dan berbau busuk. Empat kelompok utama senyawa yang ada dalam cairan ini adalah; organik terlarut yaitu asam lemak *volatile* yang banyak mengandung materi *organic refractory* (seperti asam-asam humat), senyawa anorganik makro (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , HCO_3^-), logam-logam berat (Cd^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+}) dan senyawa organik *xenobiotic* yang berasal dari residu kimia dan domestik pada konsentrasi rendah (aromatis, hidrokarbon, fenol, pestisida, dan lain-lain), [1]. Air lindi ini jika tidak diolah dengan baik dapat mencemari lingkungan, khususnya air tanah [3].

Beberapa teknologi yang bisa digunakan untuk mengolah cairan air lindi adalah filtrasi, adsorpsi, teknologi membran, penukar ion, koagulasi-flokulasi-sedimentasi, oksidasi-reduksi, dan pengolahan biologis aerobik dan anaerobik [3-5]. Jika nilai senyawa ammonium dalam air lindi tinggi, maka proses pengolahan secara biologis kurang efektif karena ion ini bersifat racun terhadap mikroba [2]. Koagulasi dan flokulasi menggunakan tawas, ferri klorida dan polimer kationik terbukti efektif menurunkan kandungan organik, warna, partikel tersuspensi, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, ammonia-N *leachate*[6].

Untuk mencegah dampak yang merugikan bila air lindi ini mencemari lingkungan maka Instalasi Pengolahan *leachate* memegang peranan yang cukup penting dalam usaha melindungi tercemarnya lingkungan disekitar TPA ini. Dalam penelitian ini telah dipilih teknik pengolahan menggunakan koagulasi dan flokulasi. Di Indonesia teknologi koagulasi dan flokulasi untuk pengolahan limbah cukup populer karena koagulan tawas dan PAC mudah di peroleh dipasaran. Polimer koagulan kationik POLYDADMAC termasuk koagulan organik

yang mulai banyak digunakan beberapa tahun terakhir ini. Oleh karena itu POLYDADMAC akan di uji keefektifannya dalam mengolah air lindi dari TPA bantar gebang. Parameter yang mempengaruhi karakteristik air lindi *landfill* antara lain umur *landfill*, lokasi, jenis sampah, iklim dan kondisi hidrogeologi, kelembaban, suhu, pH dan tingkat stabilisasi [7-9]. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis koagulan dan dosis serta pH optimum untuk mengolah air lindi serta mengetahui sifat atau karakteristik dari lumpur hasil koagulasi.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain cairan air lindi dari inlet Instalasi Pengolahan Air Sampah (IPAS) III Bantar Gebang Bekasi. Koagulan *Poly Aluminium Chloride (PAC)*, Tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$, dan *Poly Diallyl Dimethyl Ammonium Chloride (POLYDADMAC)* type FL 45 CLV produk SNF. Peralatan yang digunakan antara lain Spektrofotometer *UV-Vis*, jartes, *COD reactor*, *incubator* dan peralatan gelas.

Tahapan Kerja

Langkah-langkah tahapan kerja pada percobaan ini meliputi:

1. Pengambilan air lindi. Air lindi diambil dari inlet pengolahan IPAS III TPST Bantar Gebang, Bekasi Jawa Barat.
2. Penentuan dosis koagulan untuk koagulasi air lindi. Dosis PAC divariasi pada dosis 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200 mg/L). Dosis Tawas divariasi pada dosis 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400 mg/L, dan koagulan organik (POLYDADMAC) divariasi pada dosis 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 mg/L.
3. Penentuan pH optimum air lindi diatur pada pH 6; 6,5; 7; 7,5; dan 8
4. Menentukan nilai COD, BOD₅, kekeruhan, TSS dan nitrat sebelum dan setelah proses koagulasi dan dekantasi.
5. Penentuan karakteristik lumpur hasil koagulasi.

Cara Kerja

Sebanyak 500 mL sampel air lindi dimasukkan ke dalam *beaker glass* ukuran 1000 mL. pH air lindi diatur sesuai dengan diinginkan dan ditambah koagulan pada konsentrasi tertentu masing-masingnya, seperti variasi yang disebutkan di atas. Selanjutnya, cairan campuran ini diaduk dengan dua tahap pengadukan dengan alat *Jar test*, yaitu; pengadukan cepat dilakukan selama 60 detik pada kecepatan putar 150 rpm sejak koagulan ditambahkan dan dilanjutkan kecepatan pengadukan yang diperlambat menjadi 25 rpm selama 20 menit.

Pada tahap pengadukan lambat pH air diatur kembali menjadi 7 dengan cara menambahkan asam sulfat 0,1 N atau NaOH 1 N. Setelah itu, sebagian sampel di ambil untuk ditentukan nilai *Sludge Volume Indeks (SVI)* pada SV30 menit. Sebagian sampel lain didekantasi selama 30 menit dan cairan jernihnya diambil untuk diukur nilai *COD*, *BOD₅*, *TSS*, nitrat dan kekeruhannya. Metode analisis dilakukan mengacu pada petunjuk *Standard Method*.

Analisis *COD* dilakukan dengan metode *titrimetric*, *BOD₅* metode *winkler*, kekeruhan dengan metode turbidimetri, *TSS* dengan metode *gravimetric*, kandungan nitrat ditentukan dengan metode spektrofotometri. Uji dosis koagulan menggunakan peralatan *Jar test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber Air Limbah

Karakteristik air lindi yang diambil dari tempat pembuangan akhir sampah (*sanitary landfill*) (TPST) Bantar Gebang dapat dilihat pada Tabel 1. Secara visual air lindi ini berwarna coklat dan keruh.

Tabel 1. Karakteristik air lindi Inlet IPAS III TPST Bantar Gebang.

| No | Parameter | Satuan | Hasil uji |
|----|------------------|--------|-----------|
| 1 | COD | mg/L | 2947 |
| 2 | BOD ₅ | mg/L | 323 |
| 3 | Nitrat | mg/L | 60.5 |
| 4 | Kekeruhan | NTU | 250 |
| 5 | TSS | mg/L | 250 |
| 6 | Amonia | mg/L | 621 |
| 7 | pH | | 8,25 |

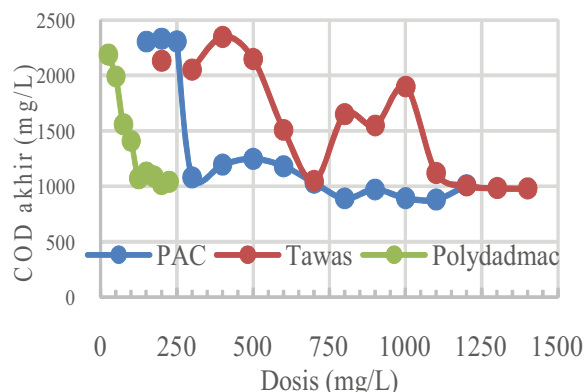
Karakteristik air lindi dari TPA IPAS III ini masuk kelompok TPA berumur tua karena nilai *COD* < 3000 mg/L, *BOD₅/COD* < 0,3 dan pH > 7,5 [7] dan telah memasuki fase metagnogenesis stabil yang ditandai pH yang tinggi [4]. Senyawa organik yang terkandung dalam air lindi ini didominasi oleh senyawa organik terlarut yang sulit dibiodegradasi, ditandai dengan perbandingan *BOD₅/COD* yang rendah, hanya 0,11 dan air berwarna coklat tua, kemungkinan termasuk senyawa

humik. Total organik terlarut (TOL) hanya mampu tersisih 25,56% pada zone anaerobik dan 41,58% TOL pada *effluent* anaerobik dengan proses *oxidation ditch* [8].

Komposisi kandungan organik terlarut dalam air lindi tergantung pada umur *landfill*, asam *humic*, *fulvic* dan fraksi hydrophilik yang diisolasi menggunakan resin *XAD*, terbukti kandungannya dominan dalam air lindi [10,11]. Tingginya nilai senyawa ammonium juga membuat proses pengolahan secara biologis jadi kurang efektif karena ion ini bersifat racun terhadap mikroba [2]. Pilihan lain untuk menurunkan *COD*, *TSS* dan kekeruhan adalah dengan proses koagulasi dan flokulasi.

Pengaruh Koagulan pada Penyisihan COD

Pengaruh dosis koagulan *PAC*, Tawas dan *POLYDADMAC* terhadap penyisihan *COD* ditampilkan pada Gambar 1. Berdasarkan bentuk pola nilai *COD* akhir setelah proses dekantasi dari hasil koagulasi, terlihat bahwa koagulan *PAC* menurunkan *COD* maksimum pada dosis 300 ppm, Tawas pada dosis 700 mg/L dan *POLYDADMAC* 125 mg/L.



Gambar 1. Pengaruh dosis koagulan *PAC*, tawas dan *POLYDADMAC* pada *COD* akhir cairan *decanter* hasil proses koagulasi.

Pada penambahan koagulan dengan dosis lebih tinggi, nilai *COD* akhir cairan *decanter* cenderung naik untuk ketiga koagulan ini. Hal ini diperkirakan pada dosis koagulan dengan nilai penurunan *COD* terbesar ini tercapai menunjukkan bahwa partikel koloid dalam air lindi telah mengalami proses netralisasi muatan yang sama atau telah tercapai titik isoelektriknya, sehingga penambahan senyawa koagulan lebih banyak menyebabkan sebagian partikel mengalami restabilisasi karena mendapat muatan positif dari ion-ion koagulan tersebut. Fenomena yang sama terjadi pada pemakaian koagulan *PAC* dan Tawas, yakni penurunan *COD* terjadi kembali dan cenderung stabil setelah penambahan *PAC* 800 mg/L dan Tawas 1200 mg/L.

Pemakaian koagulan *POLYDADMAC* tidak banyak berpengaruh pada penurunan *COD*. Kondisi ini

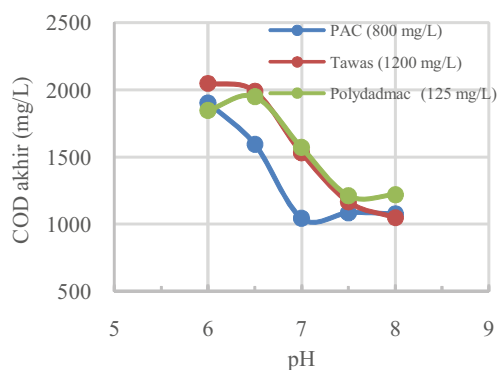
dapat dijelaskan dengan adanya mekanisme pembentukan flok polimer aluminium hidroksida yang kemudian memaksa dengan mengadsorpsi semua partikel yang ada untuk kemudian diendapkan atau disebut penjarangan partikel koloid. Fenomena ini tidak terjadi pada koagulan [12].

Koagulan *POLYDADMAC* dirancang sebagai polymer dengan muatan positif yang mempunyai gugus fungsi ammonium kuarternier cukup banyak sepanjang struktur molekulnya. Bentuk struktur ini memungkinkan tidak terjadinya proses pembentukan flok karena proses hidrolisis berlangsung [12]. Dari Gambar 1, juga dapat dijelaskan, bahwa *COD* akhir proses koagulasi maksimum yang dapat di capai untuk menyisihkan *COD* hanya mencapai 880 mg/L sampai mendekati 1000 mg/L, hal ini juga menunjukkan bahwa senyawa organik yang tidak dapat dikoagulasi ini merupakan senyawa organik yang mudah telarut dalam air [13].

Pengaruh pH pada proses koagulasi dengan menggunakan ketiga jenis koagulan ditampilkan dalam Gambar 2, pH optimum koagulasi menggunakan koagulan PAC mulai terjadi pada pH 7-8, sedangkan pH optimum koagulan tawas dan *POLYDADMAC* terjadi mulai pH 7,5-8. Hal ini bisa terjadi karena koagulan *PAC* lebih dulu membentuk polimer hidroksi aluminium dibanding koagulan tawas. Pengikatan partikel koloid ke dalam polimer dengan ukuran molekul yang lebih panjang, kemungkinan terbentuknya flok lebih besar dibanding senyawa koagulan tawas yang proses polimerisasi hidroksi aluminium lebih lambat.

Efektivitas koagulasi pemakaian *POLYDADMAC* terjadi setelah pH 7,5-8. Hal ini diperkirakan pada pH antara 7,5-8, muatan negative partikel koloid lebih besar dan mengimbangi jumlah ion positif dari polimer *POLYDADMAC* yang memiliki muatan yang padat dalam struktur molekulnya. Dengan kata lain destabilisasi oleh koagulan *POLYDADMAC* dan *PAC* yang dalam air memiliki muatan ion positif yang cukup padat lebih efektif karena berupa polimer dibanding tawas.

Hasil analisis terhadap *COD*, *TSS*, kekeruhan, ammonia dan nitrat dalam air *decanter* hasil koagulasi



Gambar 2. Pengaruh pH pada *COD* akhir cairan *decanter* hasil proses koagulasi untuk koagulan *PAC*, tawas dan *POLYDADMAC*.

pada pH optimum dengan dosis koagulan *PAC* 800 mg/L pada pH 7, Tawas 1200 mg/L pada pH 7,5 dan *POLYDADMAC* 125 mg/L pada pH 7,5 dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, dapat dijelaskan bahwa hasil penyisihan yang terbesar terhadap semua parameter tersebut adalah *PAC* > Tawas > *POLYDADMAC*. Penyisihan terbesar hanya pada *COD* yakni masing-masing untuk *PAC*, tawas dan *POLYDADMAC* adalah, 64%, 64,3% dan 58,9%, *TSS* masing-masing 71,2%, 68,4% dan 66,6% sedang kekeruhan masing-masing 52%, 48% dan 42,4%.

Tabel 2. Konsentrasi *COD*, *TSS*, kekeruhan, ammonia dan nitrat air *decanter* hasil koagulasi pada pH optimum untuk koagulan *PAC*, tawas dan *POLYDADMAC*.

| Parameter | Awal | <i>PAC</i> (1100 mg/L) | Tawas (1400 mg/L) | <i>POLYDADMAC</i> (225 mg/L) |
|--------------------|------|---------------------------|----------------------|---------------------------------|
| <i>COD</i> (mg/L) | 2947 | 1043 | 1050 | 1211 |
| <i>TSS</i> (mg/L) | 250 | 120 | 130 | 144 |
| Kekeruhan (Ntu) | 250 | 72 | 79 | 83,5 |
| Ammonia (mg/L) | 621 | 560 | 569 | 581 |
| Nitrat (mg/L) | 60,5 | 56 | 57,5 | 59,5 |

Penelitian lain yang dilakukan oleh M.A. Shabiiman dan D.S. Anil Kumar Dikshit [13] pada koagulasi air lindi *landfill* tua menggunakan koagulan tawas pada berbagai dosis dan pH dengan karakteristik air lindi *COD* 2451 mg/L, pH 7,6, *TSS* 533 mg/L dan kekeruhan 317 Ntu, diperoleh kondisi optimum terjadi pada pH 6 dengan dosis 15000 mg/L mampu menurunkan 54% *COD* dan 94% kekeruhan.

Penggunaan ke tiga jenis koagulan tersebut tidak banyak berpengaruh pada penyisihan ammonia dan nitrat. Hal ini menunjukkan bahwa ammonia dan nitrat mempunyai kelarutan tinggi dalam air dan sulit teradsorpsi dalam flok lumpur koagulan. M.T. Samadi dkk, [2] telah melakukan penelitian bahwa koagulasi pada air lindi TPA dengan karakteristik *COD* 75000 mg/L, *BOD₅* 2500 mg/L, *TSS* 31625 mg/L, pH 6,59, membutuhkan dosis *PAC* 2500 mg/L, pH 12 dan Tawas 1000 mg/L, pH 12. Dengan dosis tersebut mampu menyisihkan *COD* masing-masing 60% dan 62,2% serta penyisihan *TSS* masing-masing 39,14% dan 58,37%. Peneliti lainnya yaitu G. Rajan dkk, [14] telah melakukan koagulasi air lindi menggunakan tawas pada air lindi stabil (*COD* awal 1240 -19200 mg/L, pH =7,68-8,23) memerlukan dosis tawas 600 mg/L dengan efisiensi penyisihan 75% dan koagulasi leachate segar (*COD* awal 6240-66240 mg/L, pH = 6,96-7,77) memerlukan dosis tawas 800 mg/L dengan efisiensi penyisihan *COD* 55% [15].

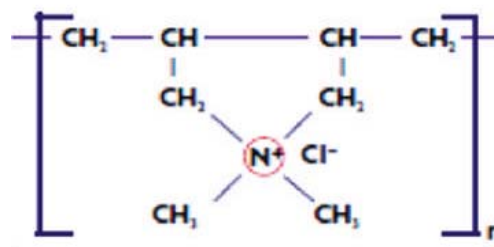
Dari penelitian penelitian ini terlihat bahwa efisiensi penyisihan *COD* dan kekeruhan sangat tergantung pada komposisi kimia dan umur air lindi. Air lindi berumur lebih muda (kurang dari 5 tahun) membutuhkan dosis koagulan yang lebih besar dibanding air lindi yang berasal dari *landfill* tua (diatas 10 tahun).

Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan kekeruhan rata-rata lebih tinggi dibanding pada penyisihan COD pada air lindi landfill tua dan sebaliknya efisiensi penyisihan COD lebih tinggi dibanding kekeruhan untuk koagulasi pada air lindi dari landfill muda. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan organik terlarut dalam air lindi muda dalam bentuk tidak terlarut jauh lebih tinggi dibanding air lindi dari landfill tua. Pemakaian dosis koagulan tawas pada air lindi landfill muda jauh lebih sedikit dibanding air lindi landfill tua. Hal ini berbanding lurus dengan kinerja proses koagulasi yang efektif menyisihan partikel dalam bentuk tidak terlarut atau TSS tinggi. Nilai TSS pada ketiga penelitian ini, di landfill tua 31625 mg/L, dibanding landfill muda, masing-masing 533 mg/L dan 250 mg/L [2].

Sludge Volume Index

Penentuan kekompakan lumpur hasil koagulasi dari ketiga jenis koagulan ditentukan dengan membandingkan nilai Sludge Volume Index (SVI). Masing-masing koagulan PAC, Tawas dan POLYDADMAC mempunyai nilai SVI 150 mL/g, 453 mL/g dan 159 mL/g, secara berurutan. Berdasarkan data ini dapat disebutkan bahwa urutan nilai kekompakan lumpur hasil koagulasi tersebut adalah PAC > POLYDADMAC > tawas. Dengan perkataan lain, volume lumpur yang dihasilkan dari koagulasi dengan koagulan PAC adalah paling kecil dibanding POLYDADMAC atau tawas.

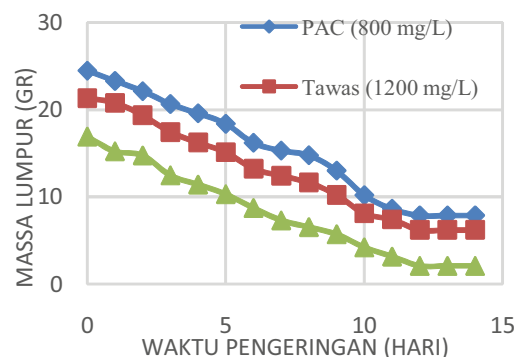
Tawas diketahui merupakan koagulan Al^{3+} yang dalam air akan mengalami proses hidrolisis dan proses polymerisasi berdasarkan pH air. Pada pH lebih besar dari 7,2 senyawa ini dominan dalam bentuk $Al(OH)_3$ dan $Al(OH)_4^-$. Pada pH 7,2-5,6 dominan dalam bentuk $Al(OH)_3$ dan $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$, sedangkan PAC telah dibuat dalam bentuk alum terpolimerisasi yang dalam air bisa berbentuk dimer $Al_2(OH)_2^{4+}$, trimer $Al_3(OH)_4^{5+}$ dan paling dominan dan stabil bentuk Al_{13} yakni $AlO_4Al_{12}(OH)_{24}(H_2O)_{12}^{6+,7+}$ dan beberapa polimer $Al_{30}O_8(OH)_{56}(H_2O)_{24}^{18+}$ [12]. Oleh karena itu, PAC lebih efektif dalam menetralisasi dan destabilisasi partikel koloid yang umumnya bermuatan negatif dibanding dengan tawas. Oleh karena ion polimer positif yang dihasilkan oleh PAC lebih banyak dibanding tawas maka lumpur flok yang terbentuk pada PAC lebih padat dan densitasnya lebih tinggi dibanding dengan lumpur flok tawas. POLYDADMAC termasuk koagulan polimer organik dengan berat molekul tinggi 10^4-10^7 g/mol yang mengandung gugus fungsi ammonium kuarterner sehingga muatan koagulan ini positif [12]. Bertambahnya berat molekul POLYDADMAC akan menambah besar potensial zeta mendekati nol [15], artinya partikel koloid dalam air lindi lebih mudah di koagulasi. Rumus molekul POLYDADMAC sebagai berikut :



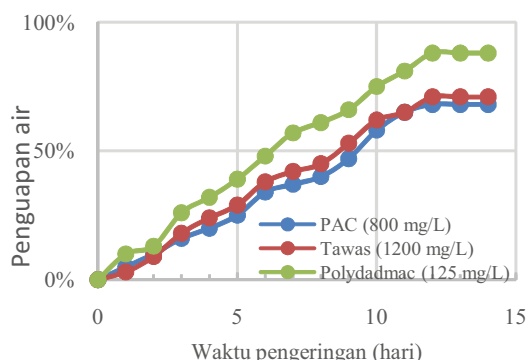
Pengeringan Lumpur

Lumpur yang diperoleh dari hasil proses koagulasi selanjutnya di keringkan pada temperatur dan kelembaban ruang tertentu selama 14 hari. Massa lumpur diukur setiap hari terhadap waktu pengeringan, seperti ditampilkan pada Gambar 3. Berdasarkan gambar ini terlihat bahwa untuk ketiga koagulan yang digunakan waktu pengeringan mencapai limit maksimum pengeringan pada hari ke 12 (lihat Gambar 4), memperlihatkan persen air yang diuapkan dari massa lumpur untuk ketiga jenis koagulan.

Persentasi kandungan air dalam ketiga lumpur hasil koagulasi menunjukkan kandungan air dalam lumpur POLYDADMAC > tawas > PAC. Hal ini juga menandakan bahwa lumpur POLYDADMAC lebih hidrofilik dibanding tawas dibanding PAC. Selain itu, POLYDADMAC diperkirakan termasuk senyawa organik yang banyak mengandung gugus fungsi



Gambar 3. Massa lumpur hasil koagulasi untuk ketiga jenis koagulan terhadap waktu pengeringan pada suhu ruang 26,7^o-28,7^oC dan kelembaban 48-61%.



Gambar 4. Hubungan persen penguapan air terhadap waktu pengeringan ketiga jenis koagulan, pada suhu ruang 26,7^o-28,7^oC dan kelembaban 48-61%.

berupa ion sehingga lebih mudah menyerap air dibanding tawas dan PAC. Karena, lumpur PAC berupa padat aluminium hidroksida terhidrat, maka molekul air dalam POLYDADMAC lebih sulit terlepas dari struktur kristalnya ke atmosfer dibanding dengan molekul air yang diikat oleh hidroksida aluminium.

Kekuatan molekul air yang terserap di dalam lumpur flok tawas lebih banyak dibanding flok PAC sesuai dengan SVI masing-masing lumpur. SVI lumpur tawas lebih besar dibanding SVI lumpur PAC. SVI makin besar maka lumpur tersebut makin suka menyerap air.

KESIMPULAN

Pemakaian koagulan PAC dan Tawas menghasilkan dosis optimum penyisihan COD pada dua konsentrasi dosis, yakni pada titik isoelektrik netralisasi muatan tercapai untuk PAC 300 mg/L dan Tawas 700 mg/L. Penambahan koagulan sedikit lebih dari dosis optimum cepat mengurangi efisiensi penyisihan COD.

Penyisihan mencapai kestabilan pada kondisi pembentukan flok koagulan PAC dan tawas dengan mekanisme penjaringan partikel koloid dalam flok yakni 800 mg/L PAC dan 1200 mg/L tawas. Sedangkan koagulan POLYDADMAC penyisihan optimum COD terjadi pada dosis 125 mg/L dan tidak terjadi proses pembentukan flok atau penjaringan partikel koloid.

Penyisihan ammonia dan nitrat dari proses koagulasi dan flokulasi terbukti tidak efektif, penurunan kekeruhan mencapai 66,6%-71,2% dan TSS 42,4% - 52%. Penyisihan terbesar hanya pada TSS dan kekeruhan dan tidak banyak berpengaruh pada penyisihan ammonia dan nitrat.

Lumpur hasil koagulasi menunjukkan bahwa lumpur hasil koagulasi dengan PAC menghasilkan lumpur yang lebih kompak dan padat dibanding dengan tawas dan POLYDADMAC. Lumpur koagulan POLYDADMAC lebih banyak menyerap air dibanding tawas dibanding PAC. Lama waktu yang diperlukan untuk pengeringan lumpur sampai mencapai berat stabil adalah 12 hari dengan suhu ruang 26,7^o-28,7^oC dengan kelembaban 48-61%.

DAFTAR ACUAN

- [1]. Y. Peng. "Perspective on technology for landfill leachate treatment". *Arabian Journal of Chemistry*, 2013.
- [2]. M. R. Lee and D. Zawawi, A. A. L..Abdul. "Information Technology Treatment of Leachate by Coagulation-Flocculation using different Coagulants and Polymer: A Review". *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, vol. 2, No. 2, 2012.
- [3]. E. Al Sabahi, S. A. Rahim, and W.Y. Wan Zuhairi. "The Characteristics of leachate and groundwater pollution at municipal solid waste landfill of Ibb city, Yemen". *Am. Journal of Env. Sci*, vol. 5 no. 5, pp. 230-240, 2009.
- [4]. Y. Dong. "Landfill Leachate Treatment Case Study, SRV Atervinning". Sweden, Master of Science Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2007.
- [5]. A.J. Hamzeh, H.M. Amir, N.F.V. Ramin and A.O. Ghasem. "Combination of coagulation and ozonation processes for treatment of partially stabilized landfill leachate of Tehran". *World Appl. Sci. Journal*, vol. 5, pp. 9-15, 2009.
- [6]. M.R. Lee and D. Zawawi. "Efficiency of the coagulation-flocculation for the leachate treatment". *International Journal of sustainable development*, vol. 2, pp. 10, 2011.
- [7]. R.K. Rowe. "Characteristics of landfill leachates and bio-solids of municipal solid waste (MSW) in Riyadh City, Saudi Arabia", *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 10, Issue 2, pp. 65-70, June 2011.
- [8]. B. Barjinder, M.S., Saini and M.K. Jha. "Effect of age and seasonal variations on leachate characteristics of municipal solid waste landfill". *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 02, Issue 08, Aug, 2013.
- [9]. Yunus, Anika, Smallman, J. David, J. Stringfellow, Anne, Beaven, Richard, Porwie, and William. "Leachate dissolved organic matter characterization using spectroscopic methods". *Journal of Water Reuse & Desalination*, vol. 1, no. 2, pp. 78-87, 2011.
- [10]. Z. Liu, W. Wu, P. Shi, J. Guo and J. Cheng. "Characterization of dissolved organic matter in landfill leachate during combined treatment process of air stripping, Fenton, SBR and coagulation". *Waste Management*, vol. 41, pp. 111-8, Juli, 2015.
- [11]. S. Huo., B. Xi., H. Yu., L. He., S. Fans., and H. Liu. "Characteristics of dissolved organic matter (DOM) in leachate with different landfill ages". *J. Environmental Sci (china)*, vol. 20, no. 4, pp. 492-8, 2008.
- [12]. N.B., Prakash, S. Vimala and P. Jayakaran. "Waste Water Treatment by Coagulation and Flocculation". *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, vol. 3, Issue 2, pp. 479, March 2014.
- [13]. M.A. Shabiiman and D.S. Anil Kumar. "Treatment of landfill leachate using coagulation". *2nd International Conferences on Environmental Science and Technology*, Singapore, 2011

- [14]. G. Rajan, J.D. Nalladurai, V.D. Puthiya, T.R. Sreekrishnaperumal and K. Subramaniam. "Use of combined coagulation-adsorption process as pretreatment of landfill leachate". *Iran J. Environ. Health Sci. Eng*, 1024-1028, 2013.
- [15]. M.A.A. Razali, Z. Ahmad and A. Arifin." Treatment of pulp and paper mill wastewater with various molecular weight of polydadmac induced flocculation with polyacryiamide in the hybrid system". *Adv. in Chem. Eng. and Sci*, 2, 490-503, 2012.