PENGUNAAN TAWAS CAIR *RECOVERY* DARI LIMBAH PADAT LUMPUR PDAM KOTA PONTIANAK SEBAGAI KOAGULAN UNTUK PENGOLAHAN AIR BERSIH

Meity Moerdiyanti¹, Titin Anita Zahara², Dian Rahayu Jati¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak

²Program Studi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak

email: meity_tekling@yahoo.com

ABSTRAK

Limbah padat lumpur (LPL) PDAM dari proses koagulasi yang belum diolah atau dimanfaatkan hingga saat ini langsung dibuang ke Sungai Kapuas dan berpotensi mencemari air sungai. Studi terhadap pemanfaatan kembali aluminium pada LPL PDAM Kota Pontianak sebagai koagulan dilakukan untuk mengolah limbah sehingga dapat digunakan kembali dalam bentuk tawas cair, menentukan kondisi terbaik dan dapat menentukan biaya yang diperlukan untuk *recovery* dan aplikasinya. *Recovery* aluminium meliputi pengeringan dan kalsinasi lumpur, pengambilan kembali aluminium dengan metode asidifikasi menggunakan H_2SO_4 konsentrasi 10 M. Berat kering LPL PDAM yang digunakan sebesar 2 gram, kecepatan aduk 40 rpm selama 120 menit dan pengendapan selama 60 menit. Konsentrasi aluminium yang didapatkan dari tawas cair *recovery* sebesar 646,13 ppm atau setara dengan 161,53 mg. Tawas cair *recovery* diaplikasikan pada proses koagulasi-flokulasi terhadap air baku untuk melihat efektifitas kerja tawas cair. Kondisi terbaik untuk tawas cair yaitu pada dosis 12 mg, kecepatan aduk cepat 160 rpm dan kecepatan aduk lambat 20 rpm dengan persen penyisihan kekeruhan sebesar 99,26%. Biaya yang diperlukan untuk proses *recovery* dan aplikasi pada tawas cair sebesar Rp 1.188/L.

Kata kunci: *recovery*, tawas cair, koagulasi

ABSTRACT

Solid waste sludge also called LPL PDAM from coagulation process has not been processed or utilized and directly discharged into the Kapuas River and potentially pollute the river water. Study for recovery of aluminum in LPL PDAM Pontianak as a coagulant for treat waste that can be reused as liquid alum, determine the best conditions and the cost required for recovery and application. Recovery includes drying and calcining aluminum sludge, aluminum retrieval by acidification method using H_2SO_4 concentration of 10 M. Dry weight LPL taps used by 2 grams, stirring speed of 40 rpm for 120 minutes and sedimentation for 60 minutes. Aluminum concentration obtained from liquid alum recovery was 646,13 ppm or equivalent to 161.53 mg. Liquid alum recovery applied to the coagulation-flocculation process of raw water to see the effectiveness of liquid alum and alum commercial. The best conditions for liquid alum at a dose of 12 mg, stirring speed 160 rpm fast and slow stirring speed of 20 rpm with a turbidity of 99,26 percent allowance. Costs required for the recovery process and the application of liquid alum at Rp 1,188 / L.

Keywords : recovery, liquid alum, coagulation

1. Pendahuluan

Meningkatnya aktivitas di hulu sungai menyebabkan meningkat pula kekeruhan air Sungai Kapuas, yaitu mencapai 153,5 NTU (PDAM, 2013) sementara batas yang diperbolehkan hanya 5 NTU (Permenkes No. 492 Tahun 2010). Pengolahan yang dilakukan di PDAM Kota Pontianak meliputi pembubuhan koagulan untuk menurunkan kandungan zat organik serta kekeruhan pada air. Koagulan yang digunakan untuk mengolah air di PDAM Kota Pontianak adalah jenis tawas atau alum karena mudah didapat, mudah digunakan dan ekonomis harganya dibanding

koagulan lain. Namun memiliki kelemahan yaitu menambah jumlah ion-ion Al^{3+} ke dalam air dan dapat menimbulkan pencemaran.

Menurut Suherman (2003), LPL PDAM tersebut masih mengandung aluminium dalam bentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berpotensi sebagai pencemar jika langsung dibuang ke badan air seperti yang terjadi di PDAM Kota Pontianak. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa pengolahan pada LPL PDAM dapat digunakan kembali, diantaranya penelitian tentang pemanfaatan kembali LPL PDAM untuk penjernihan air dari Sungai Martapura dan pengambilan kembali alumina dari LPL PDAM Intan Banjar (Mirwan, 2012).

Lumpur akan selalu dihasilkan di setiap proses pengolahan air, apapun jenis dan bentuk teknologi pengolahan yang digunakan. Semakin besar debit pengolahan pada suatu Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM), maka akan semakin tinggi konsentrasinya, baik padatan kasar (*coarse solid*), padatan tersuspensi (*suspended solid*) maupun koloid dan akan makin besar pula lumpurnya. *University School of Medicine* di Belgrade menerbitkan informasi bahwa minum air dengan aluminium tinggi dan konsentrasi fluoride yang rendah dikaitkan dengan risiko Alzheimer.

Aluminium hidroksida dalam lumpur dapat larut dalam asam kuat maupun basa kuat. Oleh karena itu, metode perolehan kembali aluminium dengan asam dan basa masih terus dipakai (Boaventura et al., 2000). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses perolehan kembali aluminium adalah konsentrasi asam kuat, pengaruh kecepatan dan waktu pengadukan serta massa lumpur kering yang digunakan.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses perolehan kembali dengan proses asidifikasi, yaitu salah satu teknik perolehan kembali aluminium di dalam lumpur dengan menggunakan asam kuat yang disertai dengan pengadukan dan pengendapan. Menurut Kurniawan (2009) proses asidifikasi dengan asam kuat bertujuan untuk mengikat kandungan aluminium yang terdapat dalam lumpur sehingga akan dihasilkan cairan atau filtrat yang kaya akan aluminium. Melalui proses asidifikasi menggunakan asam kuat diharapkan aluminium dapat diperoleh kembali dari $\text{Al}(\text{OH})_3$.

2. Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, *jartest apparatus*, kertas saring, pipet volumetrik, pH meter, *shaker*, spektrofotometer serapan atom (SSA), tanur, timbangan analitik dan turbidimeter.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah akuades, air baku (air Sungai Kapuas), asam sulfat (H_2SO_4), Limbah Padat Lumpur keluaran IPAM IV di PDAM Kota Pontianak, NaOH dan tawas komersil.

Sampel kering LPL PDAM siap pakai dikalsinasi dalam tanur pada suhu 500°C selama 2 jam. Kemudian diambil sebanyak 2 gram dan direaksikan dengan larutan H_2SO_4 10 M dengan kecepatan aduk 40 rpm selama 120 menit dan didiamkan selama 60 menit.

Preparasi Sampel Lumpur PDAM

Sampel limbah lumpur (*sludge*) dari bak sedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum PDAM Kota Pontianak diendapkan selama 1-2 jam untuk memisahkan lumpur dan air yang lebih jernih. Lapisan air di bagian atas kemudian dibuang dan hanya menyisakan lumpur padat. Lumpur padat dituangkan pada pelat-pelat tipis dan dikeringkan dengan sinar matahari selama 17 hari. Sebanyak 3 gram sampel dianalisis kandungan aluminiumnya menggunakan SSA (SNI 06-6989.36-2005). Sampel hasil pengeringan dikalsinasi dalam tanur pada suhu 500°C selama 2 jam (Boaventura et al., 2000). Sampel yang telah dikalsinasi kemudian diperiksa kandungan zat organik dan aluminiumnya dengan spektrofotometer serapan atom (SNI 06-6989.36-2005).

Disiapkan satu buah botol 250 mL dan dimasukkan 2 gram masa kering yang telah diturunkan kandungan zat organiknya. Berikutnya ditambahkan larutan H_2SO_4 10 M ke dalam botol. Semua botol diaduk pada kecepatan 40 rpm selama 120 menit dan didiamkan selama 60 menit, lalu disaring (Boaventura *et al.*, 2000 dan Kurniawan, 2009). Kadar aluminium dalam filtrat yang diperoleh dianalisis menggunakan SSA (SNI 06-6989.36-2005).

Penentuan Massa Tawas Cair Efektif

Aplikasi pada tawas cair dilakukan dengan variasi massa (a) sebesar 0,24; 0,74; 1,2; 2,5; 4,9; 7,4; 9,9; 12,0 dan 15,0 mg. Pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit dan dilanjutkan pengadukan lambat 20 rpm selama 15 menit. Kemudian diendapkan selama 60 menit dan dianalisa kekeruhan pada air olahan.

Penentuan Pengadukan Cepat Efektif

Aplikasi pada tawas cair dilakukan dengan menggunakan massa efektif (a). Pengadukan cepat (b) 100, 120, 140 dan 160 rpm selama 1 menit dan dilanjutkan pengadukan lambat 20 rpm selama 15 menit. Kemudian diendapkan selama 60 menit dan dianalisa kekeruhan pada air olahan dengan turbidimeter.

Penentuan Pengadukan Lambat Efektif

Aplikasi pada tawas cair dilakukan dengan menggunakan massa efektif (a). Pengadukan cepat menggunakan kecepatan efektif (b) selama 1 menit dan dilanjutkan pengadukan lambat (c) 20, 40, 60 dan 80 rpm selama 15 menit. Kemudian diendapkan selama 60 menit dan dianalisa kekeruhan dengan turbidimeter.

3. Hasil dan Pembahasan

Recovery Tawas Cair

Kandungan karbon organik total (KOT) pada LPL PDAM akan menghambat aluminium untuk digunakan kembali karena aluminium tersebut harusnya dapat mengikat kandungan bahan organik penyebab kekeruhan pada air baku. KOT ini harus diturunkan agar tidak mengganggu proses perolehan kembali aluminium, namun salah satu penyusun dari zat organik adalah asam fulvat yang sifatnya larut dalam asam dan dapat mengganggu kerja dari koagulan ini saat direaksikan dengan air baku (Boaventura *et al.*, 2000). Untuk mempermudah proses pengambilan kembali aluminium dari lumpur kering ini dilakukan proses pemanasan pada suhu tinggi atau kalsinasi pada suhu $500^\circ C$ di dalam tanur selama 2 jam yang bertujuan menurunkan kandungan KOT dalam lumpur.

Kalsinasi dilakukan pada suhu $500^\circ C$ karena aluminium memiliki titik leleh hingga $660^\circ C$ (Sumanto, 1994), sehingga aluminium tidak rusak karena pengaruh suhu tinggi yang masih berada di bawah titik lelehnya. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian kandungan aluminium pada lumpur sebelum dan setelah kalsinasi dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Kandungan lumpur kering LPL PDAM Kota Pontianak adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kandungan LPL PDAM Kota Pontianak

No	Jenis Sampel	Parameter Analisis		Metode	
		Al	KOT		
		(%)		Al	KOT
1	Lumpur Kering	98,69	6,36	SSA	<i>Walkley and Black</i>
2	Lumpur Kalsinasi	97,44	0,28	SSA	<i>Walkley and Black</i>

Dari hasil tersebut diketahui bahwa penyusutan kandungan aluminium hanya terjadi sebesar 1,25% dari jumlah aluminium awal pada lumpur. Lumpur hasil kalsinasi tersebut kemudian di reaksikan dengan asam sulfat pekat. Kondisi optimum untuk *recovery* tawas cair adalah sebagai berikut: masa lumpur kering siap pakai seberat 2 gram dan direaksikan dengan larutan H_2SO_4 10 M, yang kemudian diaduk pada kecepatan 40 rpm selama 120 menit dan didiamkan selama 60 menit, lalu disaring (Boaventura *et al.*, 2000 dalam Kurniawan, 2009). Berikut adalah reaksi kimia dari proses asidifikasi di dalam lumpur (Goldman *et al.*, 1975).

Filtrat berupa tawas cair kemudian di uji dengan SSA. Hasil uji dari filtrat dengan SSA diketahui konsentrasi aluminium sebesar 646,13 ppm. Efektifitas perolehan kembali aluminium dalam penelitian ini yaitu sebesar 58,56%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Boaventura *et al.* (2000) bahwa dalam kondisi asam dihasilkan aluminium sebesar 56,3% hingga 58,9%. Pembuatan tawas cair dari lempung lokal Paminggir dapat menghasilkan perolehan kembali aluminium hingga 70,36% (Diana, 2009), karena pada proses reaksi dengan asam sulfat diberikan perlakuan pemanasan. Menurut Keenan (1986) dengan adanya temperatur lebih tinggi, maka molekul-molekul akan bergerak lebih cepat dan menyebabkan benturan antar partikel lebih sering terjadi. Sehingga energi untuk bereaksi lebih cepat terpenuhi, dan reaksi antara asam sulfat dan lempung lebih cepat terjadi dan memperoleh lebih banyak aluminium.

Efektifitas Penggunaan Tawas Cair

- **Pengaruh Massa Tawas Cair**

Filtrat atau tawas cair ini kemudian diaplikasikan pada air baku untuk menurunkan kekeruhan yang salah satunya disebabkan oleh partikel koloid. Massa tawas cair yang digunakan adalah sebesar 0,24; 0,74; 1,2; 2,5; 4,9; 7,4; 9,9; 12,0 dan 15,0 mg. Variasi massa dilakukan untuk mengetahui kadar tawas cair yang paling efektif untuk menurunkan kekeruhan pada air baku dan mengetahui pengaruh penambahan tawas cair terhadap proses koagulasi yang terjadi pada air. Prosedur analisis data menggunakan turbidimeter dengan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*) yang mengacu pada SNI 06-6989.25-2005. Hasil pengujian kekeruhan pada air olahan dengan tawas cair ditampilkan pada **Gambar 1**.

Gambar 1. Pengaruh Variasi Konsentrasi Tawas Cair terhadap Kekeruhan

Gambar 1. menunjukkan penambahan tawas cair akan cenderung menurunkan kekeruhan dalam air. Tawas cair efektif pada konsentrasi 12 mg dan dapat menurunkan kekeruhan rata-rata sebesar 1,2 NTU. Aplikasi tawas cair dari konsentrasi 1,2 - 15 mg dapat menurunkan kekeruhan hingga di bawah baku mutu, karena kandungan Al^{3+} pada tawas cair cukup untuk mendestabilisasi koloid. Berdasarkan data kekeruhan yang ada, dapat diketahui efektivitasnya melalui persamaan berikut.

$$\% \text{ efektivitas } (\% \Delta) = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Hasil perhitungan persen efektivitas ditunjukkan pada **Gambar 2** berikut.

Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Tawas Cair Dan Efektivitas Penurunan Kekeruhan

Pada **Gambar 2** diketahui penambahan tawas cair sebanyak 15 mg menyebabkan kekeruhan kembali meningkat. Hal ini dikarenakan adsorpsi kation yang berlebih pada permukaan partikel koloid yang berumatan negatif dengan muatan berlawanan Al^{3+} dari aluminium sulfat. Sehingga terjadi deflokulasi pada partikel koloid yang menyebabkan partikel koloid menjadi bentuk yang stabil sebagai akibat dari gaya tolak-menolak antar partikel yang bermuatan sejenis (Ravina, 1993). Menurut Reynolds (1982) penambahan alum di atas dosis menyebabkan ion positif dari aluminium terlalu banyak dan koloid yang telah mengalami netralisasi sempurna (mencapai titik isoelektrik) menjadi bermuatan kembali dan ikut terdispersi kembali dalam air, akibatnya kekeruhan akan kembali meningkat.

Dari pengujian air baku dengan pH meter diketahui pH air baku sebesar 7,8 dan termasuk pH normal karena berada dalam rentang 6-9 sesuai dalam Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Aplikasi tawas cair menyebabkan terjadi penurunan pH pada air baku yang telah diolah, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Gambar 3. Pengaruh pH pada Air Olahan dengan Tawas Cair

Menurut Shammas (2005) penurunan pH ini disebabkan oleh tawas cair yang memiliki sifat asam dan menyebabkan peningkatan kadar sulfur. Sehingga penambahan koagulan berbanding lurus dengan penurunan pH karena adanya reaksi sebagai berikut (Hanum,2002).

Di dalam air akan terionisasi menjadi:

Selain itu ion sulfat akan bereaksi dengan ion hidrogen untuk membenruk asam:

pH kerja tawas terletak di antara 5,8 – 7,4 karena aluminium hidroksida relatif tidak larut pada rentang tersebut (Amir, 2012). Sehingga pada penelitian ini ditambahkan NaOH hingga alkalinitas pada air olahan tersebut sesuai dalam rentang pH tawas agar aluminium hidroksida yang terbentuk dapat diendapkan dan tidak larut kembali.

Sebagai data tambahan dilakukan pula pengujian kandungan bahan organik pada air hasil aplikasi tawas cair. Kandungan zat organik pada air baku yaitu sebesar 30,02 mg/L. Setelah proses koagulasi dengan tawas cair kandungan zat organik turun hingga 6,32 mg/L. Baku mutu untuk kandungan zat organik di air adalah 10 mg/L. Sehingga tawas cair pada kondisi optimum tidak hanya mampu menurunkan kekeruhan tapi juga kandungan zat organik di air.

Penurunan zat organik terjadi karena kelompok humin (koloid hidrofilik) yang bermuatan negatif mengalami netralisasi oleh ion Al^{3+} dalam bentuk larutan alum pada rentang pH kerja tawas. Menurut Spark dkk (1997) pada pH yang relatif tinggi (konsentrasi H^+ rendah) akan meningkatkan konsentrasi $-\text{COO}-$ yang dapat berfungsi sebagai ligan pada asam humat di air. Ligan ini akan berikatan dengan ion logam (ion pusat) yaitu Al^{3+} pada tawas, sehingga partikel koloid asam humat dapat diendapkan.

- **Pengaruh Variasi Kecepatan Aduk Cepat**

Pada penelitian ini digunakan variasi kecepatan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan cepat terhadap proses koagulasi. Variasi kecepatan yang digunakan adalah 100, 120, 140 dan 160 rpm selama 1 menit dan dilanjutkan pengadukan lambat yaitu 20 rpm selama 15 menit menggunakan konsentrasi terbaik sebesar 12 mg. Hasil optimasi ditunjukkan oleh **Gambar 4**.

Gambar 4 Pengaruh Kecepatan Aduk Cepat terhadap Penurunan Kekeruhan

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan aduk pada proses pengadukan cepat (koagulasi) maka kekeruhan akan semakin rendah. Karena pada proses ini diharapkan air dapat bergolak (turbulen) agar koagulan dapat terdistribusi merata yang dilanjutkan dengan proses adsorpsi koagulan oleh koloid dan terbentuk jembatan antar partikel. Sehingga terjadi penurunan *surface potential* melalui adsorpsi dan terjadi netralisasi muatan karena adanya penurunan potensial zeta ke tingkat dimana gaya tarik *Van der Waals* meningkat (Reynolds, 1982). Sehingga semakin cepat pengadukan distribusi koagulan akan semakin cepat dan merata ke seluruh air, maka pada saat proses pengadukan lambat terjadi pembentukan flok lebih mudah terjadi.

Semakin meningkatnya kecepatan aduk cepat, jumlah flok yang berhasil diendapkan pun terlihat semakin banyak. Hal ini disebabkan karena adanya pembentukan jembatan antar partikel dengan bantuan energi adukan sehingga jumlah partikel koloid yang dapat berikatan membentuk flok dan endapan yang terbentuk semakin banyak. Presipitasi dari koagulan akan menyapu lebih banyak koloid seiring bertambahnya kecepatan hingga ukuran flok yang terbentuk lebih besar dan lebih cepat mengendap. Kecepatan pengadukan cepat terbaik untuk aplikasi tawas cair pada kecepatan 160 rpm.

- **Pengaruh Variasi Kecepatan Aduk Lambat**

Tawas cair diaplikasikan pada air baku dengan variasi pada pengadukan lambat yaitu, 20, 40, 60 dan 80 rpm untuk mengetahui pengaruh variasi pengadukan lambat terhadap proses koagulasi. Hasil optimasi pengadukan lambat pada aplikasi tawas cair dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Gambar 5. Pengaruh Kecepatan Aduk Lambat terhadap Penurunan Kekeruhan

Dari **Gambar 5** diketahui bahwa semakin rendah kecepatan pada pengadukan lambat maka akan semakin rendah pula nilai kekeruhan di air. Karena pada proses flokulasi energi tambahan berupa adukan yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Kecepatan pengadukan lambat terbaik untuk aplikasi tawas cair di penelitian ini pada kecepatan 20 rpm.

Menurut Reynolds (1982) pengadukan lambat optimum akan menghasilkan jarak antar partikel yang paling dekat untuk menghasilkan kontak, tumbukan antar partikel paling sering terjadi sehingga dihasilkan flok dengan ukuran terbesar dan jumlah terbanyak, sehingga penurunan kekeruhan maksimum. Namun saat ukuran partikel sudah maksimum dan ideal untuk mengendap, penambahan kecepatan aduk akan menurunkan efektifitas koagulasi karena flok partikel terlarut yang sudah jenuh akan pecah kembali. *Thermal motion* atau yang sering dikenal sebagai *Brownian motion* juga berperan dalam proses tersebut (Marsono,1997).

Analisa Biaya

Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap biaya yang digunakan pada *recovery* dan aplikasi tawas cair atau tawas komersil. Dosis 12 mg adalah konsentrasi terbaik yang digunakan dalam analisa biaya ini, karena dapat menurunkan kadar kekeruhan hingga dibawah baku mutu (5 NTU), yaitu 1,2 NTU. Daftar harga bahan yang dibutuhkan dalam analisa ini dapat dilihat pada **Tabel 3**, sementara hasil perhitungan biaya pada proses *recovery* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 3. Daftar Harga Bahan-Bahan yang Digunakan pada *Recovery* dan Aplikasi Tawas Cair

No	Jenis Bahan	Harga Pasaran	Harga Per satuan
1.	Akuades	Rp 2000/liter	Rp 2000/L
2.	H ₂ SO ₄ 98%	Rp 310.000/20 L	Rp 15.500/L
3.	NaOH	Rp 22.000/Kg	Rp 22.000/Kg

Tabel 4. Hasil Analisa Ekonomi Proses *Recovery* Tawas Cair

Proses	Bahan yang Digunakan	Banyak digunakan	Harga Satuan	Jumlah
Recovery	H ₂ SO ₄	0,14 L	15.000	2.170
	Akuades	0,11 L	2.000	220
Jumlah				2.390

Recovery tawas cair menggunakan asam sulfat pekat dengan konsentrasi 10 M. Volume tawas cair yang dibuat adalah sebanyak 0,25 L, (asam sulfat sebanyak 0,14 L dan akuades sebanyak 0,11 L). Perhitungan biaya aplikasi tawas cair adalah sebagai berikut:

- Biaya *recovery* tawas cair dengan volume 250 mL adalah Rp 2.390
- Dalam tawas cair terdapat Al dengan konsentrasi 646, 13 ppm = 161,53 mg.
Sehingga biaya *recovery* untuk tiap 1 mg adalah Rp 14,8
- Banyaknya tawas yang digunakan adalah 12 mg dalam 250 ml air baku. Sehingga biaya *recovery* untuk dosis 12 mg tawas adalah:
- 12 mg x Rp 14,8/mg = Rp 178
- NaOH (2M) yang ditambahkan untuk pengolahan air dengan dosis tawas 12,5 mg adalah sebanyak: 67,5 ml = 5,4 gram = 0,0054 kg
- 0,0054 kg x Rp 22.000 = Rp 119

Total biaya yang diperlukan untuk aplikasi tawas cair untuk dosis tawas 12,5 mg dan air yang diolah sebanyak 250 mL (0,25 L) adalah:

- Biaya tawas cair + biaya NaOH = Rp 178 + Rp 119 = Rp 297

- Biaya aplikasi tawas cair untuk 1 L air baku: Rp 1.188

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa *recovery* dan aplikasi pada tawas cair untuk mengolah air berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, memerlukan biaya sebesar Rp 1.188/L.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Tawas cair hasil *recovery* LPL PDAM dapat digunakan sebagai koagulan untuk menurunkan kekeruhan dalam proses pengolahan air bersih dengan efisiensi penyisihan kekeruhan pada kondisi terbaik sebesar 99,72% pada massa 12 mg, kecepatan aduk cepat 160 rpm dan kecepatan aduk lambat 20 rpm. Sementara biaya yang diperlukan untuk *recovery* dan aplikasi tawas cair sebesar Rp 1.188/L.

Saran

Penelitian ini masih dapat dilanjutkan dengan pengembangan studi untuk menemukan metode *recovery* aluminium sebagai tawas cair dari LPL PDAM Kota Pontianak dengan biaya yang lebih rendah atau aplikasi lainnya dari *recovery* aluminium untuk mengatasi masalah buangan lumpur yang dihasilkan.

Ucapan Terima Kasih

Dalam penelitian dan penulisan jurnal ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Titin Anita Zahara, S.Si, M.Si dan Ibu Dian Rahayu Jati, ST., M.Si selaku dosen pembimbing. Staf PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. Staff Laboratorium Lingkungan Fakultas Teknik, Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah serta Laboratorium Kualitas Tanah, Air dan Lingkungan Universitas Tnajungpura Pontianak. Serta semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Daftar Pustaka

- Amir, Rizal dan J.N. Isnaniawardhana. 2012. *Penentuan Dosis Optimum Alumunium Sulfat dalam Pengolahan Air Sungai Cileuleur Kota Ciamis dan Pemanfaatan Resirkulasi Lumpur dengan Parameter pH, Warna, Kekeruhan dan TSS*. Bandung: J Institut Teknologi Bandung.
- Boaventura, A.R.; Duarte, A.S and Almeida, M.F., 2000, *Alumunium Recovery From Water Treatment Sludge*, International Conference Water Supply and Water Quality.
- Diana, R.M. 2009. *Studi Awal Pemanfaatan Lempung Lokal Pamnggir sebagai Koagulan Cair*. Jurnal ITB: Bandung.
- Goldman, M.L and Watson, F. 1975. *Feasibility of Alum Sludge Reclamation*. Washington Technical Institute. Washington D.C. Final Report Project No. A-001-DC.
- Hanum, F. 2002. *Proses Pengolahan Air Sungai untuk Keperluan Air Minum*. USU Digital Library.
- Keenan, Charles W. 1986. *Ilmu Kimia untuk Universitas*. Erlangga: Jakarta.
- Kurniawan, T.W. 2009. *Efektivitas Campuran Alumunium Hasil Perolehan Kembali dari Lumpur Padat Pengolahan Air dengan Besi (III) Klorida sebagai Koagulan*. (skripsi).
- Marsono, B.D. 1997. *Unit Operasi*. Media Informasi Alumni ITS: Surabaya.
- Mirwan, dkk. 2011. *Studi Pengambilan Kembali Alumina dari Limbah Padat Lumpur Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Intan Banjar*. J. Universitas Lambung Mangkurat. PDAM Kota Pontianak. 2013. *Data Kualitas Air Baku Tahun 2013*.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

- Ravina, L. 1993. *Everything You Want to Know About Coagulation and Flocculation*. Zeta-Meter Inc: Virginia.
- Reynolds, T.D and Richards, P.A. 1982. *Unit Operations and Process in Environmental Engineering*. Texas A&M Universitas California.
- Shammas, Nazih K. 2005. *Physicochemical Treatment Processes*. Human Press: Lenox.
- Spark, K.M., Wells, J.D., and Johnson, B.B. 1994. *The Interaction of Humic Acid with Heavy Metals*. *Aust. Journal Soil*.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.36-2005. *Cara Uji Kadar Alumunium (Al) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) secara tungku Karbon*
- Suherman, B. 2003, "Upaya Minimalisasi Kebutuhan Koagulan di PDAM" Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia Bersama dengan Seminar Nasional Soehadi Reksowardjojo. Institut Teknologi Bandung dan Fundamental & Aplikasi Teknik Kimia 2003 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Yogyakarta tanggal 16 – 17 September 2003.