PENGARUH WAKTU KONTAK DAN KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP RECOVERY ALUMINIUM PADA ASIDIFIKASI SLUDGE KELUARAN WATER TREATMENT

Lia Cundari[*], Endang Supriyatna , Hadi Samhudi

[(*)]Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Inderalaya–Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662
Email : icun_hyang02@yahoo.com

Abstrak

Proses asidifikasi sebagai teknologi pengurangan dan pemanfaatan lumpur keluaran unit pengolahan air sudah cukup lama dikenal. Asidifikasi dilakukan dengan menambahkan asam pada lumpur hingga mencapai pH 2. Tujuan dari asidifikasi ini adalah untuk melarutkan kembali logam Aluminium yang terkandung dalam lumpur keluaran unit clarifier di *water treatment plant*. Asidifikasi akan mengurangi jumlah kandungan Aluminium yang dibuang ke lingkungan. Asidifikasi juga akan menghasilkan senyawa aluminium sulfat yang dapat dimanfaatkan kembali pada unit clarifier. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak dan kecepatan pengadukan terhadap recovery aluminium pada asidifikasi lumpur keluaran unit pengolahan air PT PUSRI Palembang. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu kontak asidifikasi yaitu 15, 30, 45, 60 menit dan kecepatan pengadukan yaitu 200, 400, 600, 800, dan 1000 rpm. Analisa penelitian ini dilakukan dengan membandingkan jumlah Aluminium terlarut dari total kandungan Aluminium pada lumpur. Hasil dari penelitian ini berupa recovery optimum dari aluminium yaitu sebesar 29,12 % didapatkan pada waktu kontak 30 menit dan kecepatan pengadukan 600 rpm.

Kata kunci : Asidifikasi, Aluminium Recovery, Aluminium Sulfat, Lumpur, Water Treatment.

Abstract

Acidification is a well-known technology that reduces and utilizes of sludge that produces from water treatment. Acidification is done by dissolves some acid to the sludge until pH 2. The aim of acidification process is to recover of Aluminium in the sludge. The acidification reduces the amount of discharge aluminium that throw to the environment. Besides that, acidification produces aluminium sulfate that can reuse in clarifier unit. This research investigates the effect of contact time and stirring speed of aluminium recovery in the output sludge of the Water Treatment Unit PT PUSRI Palembang. Time varies 15, 30, 45, 60 minutes and stirring speed 200, 400, 600, 800, and 1000 rpm. Research analyzation is done by compares the amount of dissolved Aluminium to the original. The result of the study showed the optimum aluminum recovery is 29.12% on 30 minutes contact time and 600 rpm stirring speed.

Keywords: Acidification, Aluminium Recovery, Aluminium Sulfat, Sludge, Water Treatment

1. PENDAHULUAN

Dalam suatu industri, air merupakan suatu zat yang sangat penting. Air dalam industri digunakan sebagai bahan baku juga sebagai penunjang berjalannya proses pada industri tersebut. Sumber air dalam industri biasanya didapatkan dari air baku (air sungai, air tanah, air laut, dan lain-lain) yang masih mengandung impuritis. Untuk itu, mayoritas industri melakukan pengolahan air, agar didapatkan air yang baik dan layak digunakan dalam industri tersebut.

PT Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) Palembang merupakan industri petrokimia yang menggunakan air sungai musi sebagai air baku. Proses pengolahan air baku menjadi air bersih di

PT PUSRI Palembang menggunakan suatu alat yang disebut *clarifier*. *Clarifier* merupakan alat industri kimia yang berfungsi untuk menjernihkan air dengan proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Keluaran yang yang dihasilkan dari alat *clarifier* ini ada 2 bagian, yaitu bagian air yang jernih dan bagian limbah berupa lumpur (*sludge*). Lumpur ini adalah suspensi *solid* yang terendapkan dengan bantuan suatu koagulan yaitu Alumunium sulfat. Alumunium sulfat akan bereaksi dengan impuritis yang tersuspensi membentuk alumunium hidroksida, yang kemudian membentuk padatan yang lebih besar sehingga akan lebih mudah mengendap. Endapan yang dihasilkan dari proses koagulasi merupakan hasil reaksi yang berlangsung terus-menerus sehingga akan membentuk lumpur yang harus dibuang secara berkala. Hal ini dikarenakan volume lumpur akan meningkat seiring dengan meningkatnya produksi air bersih.

Berikut reaksi yang terjadi dalam *clarifier* :

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3CaSO_4$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3CaSO_4 + 6\,CO_2\uparrow$$

Lumpur (*sludge*) keluaran *clarifier* ini mengandung banyak padatan terendapkan, material organik dan anorganik, dan logam-logam serta sisa bahan kimia yang tidak berfungsi pada proses pengolahan air. Kandungan-kandungan lumpur ini akan sangaat berpengaruh pada kualitas badan air penerima jika dibuang langsung dalam kuantitas yang besar. Oleh karena itu, diperlukan proses pengolahan untuk lumpur ini.

Salah satu cara untuk mengolah lumpur ini, misalnya pengeringan lumpur yang kemudian dapat dibuang ke lahan urug (*landfill*). Namun, cara tersebut menimbulkan biaya tambahan bagi perusahaan. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan berbagai penelitian untuk mengolah lumpur ini menjadi lebih bermanfaat. Cara yang cukup populer adalah dengan melakukan *recovery* terhadap kandungan aluminium yang ada pada lumpur. Metode yang banyak dipakai adalah asidifikasi yaitu pengasaman lumpur menggunakan asam sulfat. Dengan melakukan asidifikasi terjadi pengurangan volume lumpur sekaligus dapat menggunakan Aluminium hasil *recovery* sebagai koagulan.

Berdasarkan hal-hal tersebut, akan diteliti lebih lanjut mengenai pengaruh pengadukan dan lamanya proses asidifikasi *sludge* terhadap efisiensi *recovery* aluminium, sehingga pada akhirnya didapatkan kondisi pengadukan dan waktu optimal untuk menghasilkan *recovery* aluminium yang paling efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan proses asidifikasi terhadap lumpur (*sludge*) keluaran unit pengolah air PT Pusri Palembang untuk memperoleh recovery aluminium yang maksimum dengan memvariasikan waktu kontak dan kecepatan pengadukan.

Water Treatment

Sistem pengelolaan air dikenal dengan istilah *water treatment.* Ada beberapa tahap pengelolaan air yang harus dilakukan sehingga air tersebut bisa dikatakan layak untuk dipakai. Namun, tidak semua tahap ini diterapkan oleh masing-masing pengelola air, tergantung dari kualitas sumber air. Sebagai contoh, jika sumber airnya berasal dari dalam tanah (*ground water*), sistem pengelolaan airnya akan lebih sederhana daripada yang sumber airnya berasal dari sumber air permukaan, seperti air sungai, danau atau laut. Air yang berasal dari dalam tanah telah melalui penyaringan secara alami oleh struktur tanah itu sendiri dan tidak terkontak langsung dengan udara bebas yang mengandung banyak zat-zat pencemar. Berbeda halnya dengan sumber air permukaan yang mudah sekali tercemar. Namun demikian, air yang berasal dari dalam tanah pun tidak luput dari pencemaran jika sistem penampungan dan penyalurannya tidak bagus. Secara umum proses pengolahan air dibagi dalam 3 unit, yaitu:

1) Unit Penampungan Awal (*Intake*)
   Unit ini berfungsi sebagai tempat penampungan air dari sumbernya. Unit ini dilengkapi dengan *Bar Sceen* yang berfungsi sebagai penyaring awal dari benda-benda yang ikut tergenang dalam air seperti sampah daun, kayu, dan benda-benda lainnya.
2) Unit Pengolahan (*Water Treatment*)
   Pada unit ini, air dari unit penampungan awal diproses melalui beberapa tahapan yaitu, tahap koagulasi (co*agulation*), flokulasi (*flocculation*), pengendapan (*sedimentation*), penyaringan (*filtration*), pertukaran ion (*ion exchange*), proses penyerapan (*absorption*), proses disinfeksi (*disinfection*).
3) Unit Penampung Akhir (*Reservoir*)
   Setelah masuk ke tahap ini berarti air sudah siap untuk didistribusikan.

Aluminium Sludge

Hingga saat ini, sistem *water treatment* dikenal menghasilkan sejumlah besar lumpur (yang kemudian disebut *waterworks sludge* atau *sludge* saja), yang tidak mungkin dihindari keberadaannya. Selama ini, Eropa telah berusaha menurunkan angka jutaan produksi *sludge* ini menjadi hanya setengahnya saja pada dekade selanjutnya (Basibuyuk and Kalat, 2004). Selain isu lingkungan, faktor besarnya pengeluaran untuk membuang *sludge* yang sangat besar, juga memperkuat upaya mengurangi produksi *sludge*.

Sludge ini masih mengandung berbagai mineral penting yang berasal dari proses pengendapan *raw water* untuk *water treatment plant*. Mineral ini berada bersama dengan residu bahan kimia yang digunakan, di mana yang paling umum adalah aluminium. Karena itu *sludge* keluaran *water treatment* dapat dikategorikan sebagai *aluminium sludge*.

Coagulant sludge pada umumnya hanya terbatas pada garam berbasis aluminium atau besi, dapat berada dalam bentuk padatan halus maupun gelatin. *Coagulant sludge* ini mengandung beberapa variasi konsentrasi mikroorganisme, bahan organik, padatan tersuspensi dan produk koagulan. *Coagulant sludge* pun dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

1) Karakteristik dari sumber *raw water*.
   Pada level warna dan *turbidity* yang tinggi tentu akan membutuhkan lebih besar penambahan chemical selama *treatment*, yang secara bersamaan akan meningkatkan produksi *sludge*.
2) Tipe dan dosis koagulan yang digunakan.
3) Kondisi operasi *plant*

Material kering (*dry matter*) akan meningkat akibat:

a. Pengedapan *impurities* dalam *raw water* (seperti warna, *turbidity*, *hardness*).
b. Padatan terdeposit oleh koagulan.

Sebagai contoh sekitar 50% *dry mass* flok terdiri dari produk koagulan (dari alum) pada kondisi koagulasi optimum (Hossain dan Bache, 1991). George, et al (tahun 1995) menganalisis *aluminium sludge* dari 10 sumber *water treatment* berbeda di Amerika Utara. Hasilnya menyatakan bahwa inhibisi (penghambatan) pertumbuhan alga terjadi pada pH 5. Sotero-Santos et al. (2005) membandingkan analisis toksisitas *alum sludge* terhadap *ferric chloride sludge*, hasilnya tidak ada toksisitas akut pada keduanya jika terpapar hingga kurang dari 48 jam. Meski begitu, dalam jangka waktu yang lama *ferric chloride sludge* dapat menyebabkan kematian dan mengurangi angka reproduksi dari organisme air. Disebutkan pula toksisitas alum *sludge* lebih kecil dibanding *ferric chloride sludge*.

Ditemukan fakta bahwa tidak ada korelasi antara variasi level kandungan dalam *sludge*, yang meliputi kandungan solid, nutrisi, logam, dan kadar COD terhadap tingkat toksisitas. Adapun *ferric sludge* menunjukkan kadar tinggi dari seng (Zn), Nikel (Ni), Tembaga (Cu) juga nilai kadar arsen (As) mencapai hingga 4g/kg *dry matter* (Forsner dan Haase, 1998).

Lumpur (*sludge*) hampir selalu ada di setiap unit pengolah air, apapun jenis dan bentuk teknologi pengolahannya. Seperti halnya di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), walaupun berbeda sifat atau karakteristiknya, Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) pun menimbulkan lumpur (*sludge*) yang volume hariannya relatif besar, bergantung pada debit air yang diolah dan konsentrasi kekeruhan air bakunya. Semakin besar debitnya dan semakin tinggi konsentrasi padatannya, baik yang berupa padatan kasar (*coarse solid*), padatan tersuspensi (*suspended solid*) maupun koloid, maka akan semakin besar juga volume lumpurnya. Kecuali jika air bakunya berasal dari mata air (*artesian* dan *atmospheric spring*), khususnya pada musim kemarau, lumpur di IPAM umumnya berasal dari unit sedimentasi, baik yang sifatnya diskrit maupun flok.

Lumpur diskrit yakni lumpur yang butir-butirannya terpisah tanpa koagulan, biasanya kecil volume per satuan waktunya kecuali pada musim hujan. Mayoritas lumpur ini mengandung pasir, grit dan pecahan kerikil berukuran kecil. Lumpur ini bisa di-*recovery* dengan cara dicuci (disemprot air) atau dengan diayak di dalam air. Sebaliknya, lumpur yang berupa flok, yaitu kimflok (*chemiflocc*) sangat besar volumenya terutama di IPAM besar yang air bakunya sangat keruh dan didominasi oleh koloid. Selain unit sedimentasi yang didahului oleh unit koagulasi dan flokulasi, sumber lumpur lainnya adalah unit pelunakan (*softening*) dan air cucian dari filter pasir cepat dan pasir lambat.

Aluminium Recovery

Lumpur atau *waterworks sludge* merupakan produk *water treatment* yang jumlahnya harus diminimalkan. Berbagai tindakan memanfaatkan *sludge* yang telah dilakukan, antara lain menjadikan *sludge* sebagai campuran beton, dalam adukan semen, dijadikan tanah liat, atau

dibuat produk lanjutan (seperti batu bata, pipa dan ubin) (Goldbold et al., 2003). Dalam peningkatan efisiensi *water treatment plant*, *sludge* yang dihasilkan dapat di-*treatment* kembali, agar didapatkan kembali kandungan koagulan dalam *sludge*, yang dinamakan *coagulant recovery* atau dinamakan juga *aluminium recovery* jika koagulan yang digunakan adalah alum (yang berbasis Aluminium).

Salah satu metode yang memungkinkan adalah *alumina sludge recovery*. Hal ini dianggap sebagai metode masa yang akan datang untuk penanganan lumpur. Istilah "*recovery*" terdapat di dalam literatur Cekoslovakia maupun di dalam terjemahan pekerjaan asing. Dalam sumber lain, disebutkan kata "*regeneration*". Prinsipnya adalah untuk mendapatkan kembali koagulan dari *sludge* pengolahan air dan untuk menggunakan *sludge* kembali pada pemrosesan air. Pada umumnya, alumina *sludge* diubah menjadi bentuk aluminium sulfat.

Proses *recovery* menggunakan asam sulfat sangat sederhana dan murah, namun efisiensi *recovery* aluminiumnya hanya 40-60%. Kerugian dari proses ini adalah kontaminasi sebagian terhadap hasil *recovery*. Pada pH diantara 3–3,5 akan mungkin dihasilkan hasil *recovery* yang sesuai dengan kualitas koagulan. Dampak penggunaan koagulan hasil *recovery* ini sama bahkan lebih baik jika dibandingkan menggunakan aluminium sulfat komersial.

Setelah di *recovery*, *sludge* dihilangkan airnya (*dewatering*) menggunakan vacuum press. Jika band press tahan beroperasi pada pH 2,5, akan lebih baik menggunakan band press untuk proses dewatering. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji coba atau dibuat *prototype* nya.

Fulton (1974) menyatakan proses *recovery* adalah menghilangkan air pada *sludge* dan mendaur ulang alumina. Alumina di *recovery* setelah proses asidifikasi dengan menggunakan asam sulfat. Kemudian, bahan inert seperti *flue ash* dapat digunakan untuk proses penyaringan. *Sludge* dihilangkan airnya menggunakan *filter press*. Filtrat aluminium sulfat digunakan kembali untuk pengolahan air. Kapur ditambahkan secara berkala pada filter press untuk menetralkan filter press.

Pada saat proses *recovery* koagulan aluminium dengan asam sulfat diaplikasikan di Tampa, Florida. Keuntungan yang didapat sekitar 80000 USD untuk 135000 m^3 air/hari. Pada unit pengolahan air di Jepang, digunakan koagulan hasil *recovery* (80%), sebagai contoh pada unit pengolahan air di Tokyo yang berkapasitas 2 juta m^3/hari. Perancis menggunakan koagulan hasil *recovery* (60%) pada unit pengolahan air di Orly yang berkapasitas 100.000 m^3.

Beberapa kelemahan yang diketahui pada sistem *recovery* ini antara lain: Unit pengolahannya harus cukup besar dan tahan terhadap asam, jumlah *sludge* yang kemungkinan tidak bereaksi cukup tinggi (tidak berlaku untuk Prosedur Fulton), dan khususnya produk akhir mengandung banyak bahan organik. Besar kemungkinan bahwa hal inilah yang membuat metode ini tidak cukup terkenal sejauh ini.

Teknologi Pengolahan Lumpur

Dalam teknologi pengolahan lumpur, ada beberapa unit yang dapat diterapkan seperti *settling*, *thickening*, *conditioning*, *dewatering*, *drying*, *recovery*, dan *disposal*. Semua unit tersebut memerlukan biaya yang relatif besar, termasuk unit *disposal* (pembuangan) yang tampaknya murah. Ada kalanya residu tertentu boleh dibuang ke selokan atau ke dalam pipa air limbah dengan persyaratan ketat atau dalam kondisi tertentu. Hanya saja di Indonesia cara ini (sebaiknya) tidak diperbolehkan. Karena kalau ini terjadi maka semua IPAL domestik akan cepat dangkal, sehingga memerlukan biaya untuk pengerukan sekaligus pembuangan lumpurnya ke tempat lain. Ini menimbulkan masalah baru dan biaya baru bagi pengelola IPAL. Lain halnya kalau lumpur tersebut dibuang atau digenangkan di tanah-tanah cekung tetapi tetap harus layak agar tidak mencemari air tanahnya atau dilapisi bahan kedap air seperti lempung, geomembran, geotekstil sehingga fungsinya serupa dengan *sludge drying bed*.

Dari sekian banyak teknologi pengolah lumpur tersebut, diperlukan analisis kinerja masing-masing dalam pemilihannya, unit mana yang tepat diterapkan. Pilihan unit ini dipengaruhi oleh kondisi lokasi, misalnya luas lahan, jenis dan kualitas lumpur, kondisi cuaca, biaya zat kimia, dan tipe disposal atau pembuangan akhir yang tersedia atau yang harus disediakan. Seleksi ini pun bergantung pada dimensi unitnya (*size of plant*), biaya konstruksi, harga peralatannya (*equipment*), termasuk faktor operasional seperti zat kimia, listrik, pekerja, dan kelayakannya. Opsi yang dipilih dari alternatif proses pengolahan lumpur itu harus didasarkan pada aspek keuntungan, manfaat dan pertimbangan keburukan setiap prosesnya dan

biaya pengolahannya secara keseluruhan. Hal yang perlu dalam memilih prosesnya antara lain:
(1) persyaratan lahan,
(2) operasi di bawah kodisi cuaca yang buruk,
(3) variasi debit olahan,
(4) mudah dalam operasi dan *treatment*,
(5) kualitas lumpur dan supernatannya.

Untuk memilih jenis teknologi yang tepat, perlu diketahui dulu jenis lumpurnya. Jenis lumpur pertama adalah lumpur dari unit prasedimentasi. Lumpur dari prasedimentasi ini dapat saja dikembalikan ke sungai asalkan peraturannya ada atau diizinkan oleh undang-undang. Hanya saja di sungai-sungai yang sudah dangkal, cara ini akan memperparah pendangkalan dan bisa diprotes oleh masyarakat. Yang paling aman adalah dengan memanfaatkan *sludge drying bed* kemudian dibuang ke tanah-tanah yang cekung sebagai bahan urugan. Bisa juga dijadikan penambah lapisan penutup di *sanitary landfill* (*sanfil*) meskipun sifatnya lulus air dan tidak bisa dijadikan pengganti tanah penutup berbahan lempung, kecuali semata-mata sebagai tempat pembuangan akhir lumpur saja, kalau tiada opsi lainnya.

Jenis lumpur kedua adalah lumpur dari sedimentasi dan *mixing* (koagulasi, flokulasi). Rentang konsentrasi lumpur di unit ini akibat pembubuhan alum dan PAC (polyaluminum chloride) antara 1.000 mg/l dan 17.000 mg/l. Massa jenis lumpur alum kering antara 70 dan 99 *pounds per cubic foot*. Kalau akan dibuang ke *sanitary landfill (sanfil)* maka kadar padatannya minimal 20 persen. Lumpur yang dihasilkan oleh garam-garam besi juga ditangani serupa dengan penanganan lumpur dari koagulan alum sulfat ini. Teknologi *recovery* untuk lumpur ini agar diperoleh kembali mineral alum dan besinya sudah dijadikan objek penelitian namun hasilnya belum layak diterapkan karena belum menguntungkan.

Jenis lumpur ketiga adalah lumpur dari unit pelunakan (softening). Karakteristik lumpur jenis ini dipengaruhi oleh konsentrasi ion-ion penyebab kesadahan, khususnya kalsium dan magnesium, jenis koagulan yang digunakan dalam proses *mixing* dan konsentrasi padatan (solid) di dalam air bakunya. Kadar padatan dalam lumpur pelunakan ini berkisar antara 2–30 persen atau volume totalnya antara 0,3-6 persen dari volume air baku yang diolah. Karakteristiknya selain kaya kalsium, magnesium, dan natrium klorida, juga ada besi, mangan dan aluminum dalam jumlah sedikit. Di dalamnya terkandung juga padatan yang kaya kalsium karbonat dan magnesium hidroksida dengan berat mencapai 2,5 kali berat kapur tohor yang disuspensikan. Namun sayang, lumpur jenis ini pun belum ekonomis apabila diolah untuk mendapatkan kembali mineral-mineralnya.

Jenis lumpur keempat adalah lumpur dari filter, baik *slow sand filter* maupun *rapid sand filter*. Unit terakhir dalam IPAM di PDAM ini menghasilkan banyak lumpur dari air pencuci media filternya. Padatan yang banyak terkandung di dalam air cucian filter ini antara lain lempung, besi & aluminum hidroksida, kalsium karbonat, pasir halus, dan karbon aktif. Karakteristiknya agak berbeda dengan lumpur dari unit yang menerapkan pelunakan atau aerasi untuk penyisihan besi dan mangan. Namun demikian, air cucian filter ini relatif encer kadar lumpurnya, dengan nilai rerata 200 mg/l. Angka ini tentu saja bisa berbeda dari satu instalasi ke instalasi lainnya, bergantung pada kualitas air baku dan modus operasi unitnya.

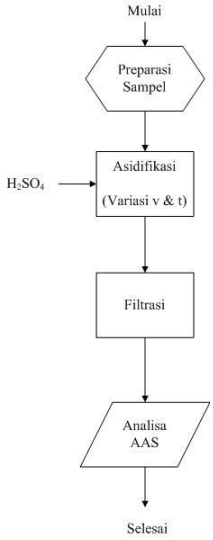
Meskipun jarang atau belum diterapkan di PDAM, lumpur IPAM juga bisa berasal dari unit desalinasi atau pengurangan garam air laut atau air payau. Meskipun demikian, peluang penerapan teknologi desalinasi ini makin besar karena sumber-sumber air baku yang tawar makin sedikit sedangkan kebutuhan domestik dan industri justru makin banyak. Zat kimia yang banyak di dalam lumpur jenis ini adalah garam-garam klorida dan sulfat dari kation kalsium, magnesium dan natrium. Konsentrasi masing-masing dipengaruhi oleh metode desalinasi yang diterapkan (mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, *reverse osmosis*). Beratnya menerapkan teknologi desalinasi ini karena semua unitnya memerlukan pengolahan pendahuluan untuk menghilangkan kekeruhan, besi dan mangan agar dapat memperpanjang masa operasinya.

Metode selanjutnya adalah dengan cara *lagoon* dengan tujuan untuk mengentalkannya. Bergantung pada cuaca dan sifat lumpurnya, kadar padatan di dalam lagoon ini berkisar antara 1,0 s.d 17,5 persen. Apabila air tanahnya relatif dangkal dan dijadikan sumber air minum oleh masyarakat maka perlu dilapisi dengan lapisan kedap air seperti geomembran. Air dapat dipisahkan dari *lagoon* dengan dekantasi. Air yang didekantasi itu dapat dikembalikan ke badan air apabila diizinkan oleh pemerintah setempat atau bisa juga diresirkulasi. Minimal dua *lagoon* dibutuhkan agar dapat terus mengeringkan lumpur secara bergantian. Setelah

cukup kering, lumpur dipindahkan dari *lagoon* dan digunakan sebagai tanah penutup di *sanitary landfill*. *Lagoon* ini harus dipagari agar aman dari gangguan dan tidak membahayakan anak-anak.

Metode terakhir apabila timbunan lumpurnya sangat besar, agar proses pengolahannya menjadi cepat, biasanya digunakan *vacuum filter*. Teknologi ini cocok untuk mengolah lumpur IPAM yang lahannya sempit tetapi besar volume lumpurnya. Juga dapat mengeringkan lumpur dengan tingkat yang tinggi dibandingkan dengan metode lainnya. Kebutuhan energinya relatif besar dan perlu tenaga kerja yang memiliki kemampuan (*skill*) yang tinggi. Lumpur olahannya digunakan untuk memupuk tanah dan dapat ditambahkan zat-zat kimia tertentu serta unsur-unsur hara (N, P, K) untuk meningkatkan kegunaannya di bidang pertanian. Akan menjadi lebih berkualitas lagi kalau dicampur dengan pupuk organik atau kompos dari sampah domestik sehingga limbah IPAM di PDAM masih dapat dimanfaatkan di sektor lain.

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan, antara lain: *Aluminium Sludge*, H_2SO_4 98%, dan Air Demin

Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain: *Beaker Glass* 600 mL, *Magnetic Stirrer*, *Stirring Plate*, pH meter, neraca analitik, *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* dan botol sampel.

.

Prosedur Penelitian

Prosedur Penelitian adalah sebagai berikut:

a) Persiapan Bahan

1. Menyiapkan peralatan pengambilan sampel sludge
2. Melakukan pengambilan sampel sludge pada 3 waktu berbeda yaitu pagi, siang dan malam hari masing-masing sejumlah 2 Liter
3. Melakukan pencampuran sampel.
4. Melakukan pengukuran pH dan temperatur sampel sebelum proses asidifikasi.
5. Melakukan analisis kandungan Aluminium sebelum proses asidifikasi.

b) Proses *Aluminium Recovery*

1. Memasukkan sampel ke dalam *Beaker glass* sebanyak 150 gram.
2. Melakukan asidifikasi dengan penambahan H_2SO_4 98% hingga pH larutan menjadi 2.
3. Setelah pH tercapai, masukkan *magnetic stirrer* ke dalam beaker glass kemudian tempatkan pada *stirring plate*.
4. Mengatur kecepatan pengadukan pada 200 rpm selama 15 menit.
5. Lakukan prosedur percobaan pada kecepatan 400 rpm, 600 rpm, 800 rpm dan 1000 rpm.
6. Lakukan pula prosedur percobaan untuk waktu 30 menit, 45 menit dan 1 jam.
7. Melakukan analisa terhadap pH, temperatur, dan kandungan aluminium pada masing-masing larutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Aluminium Recovery

Tahap awal penelitian ini adalah menentukan kandungan logam Aluminium yang terdapat pada sampel Aluminium *sludge*. Analisis kandungan logam Al dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Untuk menganalisisnya, terlebih dahulu dipisahkan antara *solid phase* dan *liquid phase* nya. *Solid phase* dari *sludge* disebut dengan endapan sedangkan *liquid phase* nya disebut supernatant. Setelah dilakukan analisis didapatkan hasil sebesar 8,644 mg Al pada

sludge (per 150 gram sampel uji). Logam Al sepenuhnya berada pada bagian padat dari *sludge* (*solid phase*), sedangkan pada *supernatant* nya memberikan hasil *traceless* (hampir tidak ada). Hal ini menunjukkan bahwa proses koagulasi pada unit pengolahan air berlangsung dengan baik.

Tabel 1. Hasil Analisis Aluminium *Sludge* sebelum Asidifikasi

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	Kandungan Al*)	mg	8,644
2	Rasio Al : TS	mg Al/g TS	96,04
3	Total Dissolved Solid	mg/L	96
4	Total Suspended Solid	mg/L	512,4
5	Total Solid (TS)	%	0,06

*) per 150 gram sampel uji

Persentase Aluminium *recovery* didefinisikan sebagai rasio berat antara jumlah Al yang ada pada *supernatant* setelah asidifikasi dengan jumlah Al yang ada pada aluminium *sludge* sebelum asidifikasi. Besarnya persentase *recovery* Aluminiun didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Al Recovery (\%)} = \frac{\text{Kandungan Al pada supernatant setelah asidifikasi}}{\text{Kandungan Al pada Aluminium Sludge awal}}$$

Tabel 2. Hasil Recovery Aluminium

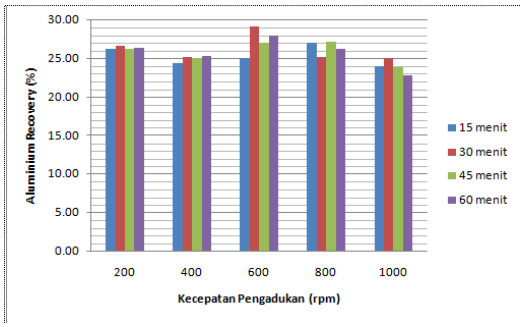
No	Variabel		*Recovery* (%)
	Kecepatan (rpm)	Waktu (menit)	
1	200	15	26,28
2		30	26,61
3		45	26,22
4		60	26,31
5	400	15	24,34
6		30	25,18
7		45	25,00
8		60	25,36
9	600	15	25,02
10		30	29,12
11		45	27,02
12		60	28,00
13	800	15	27,06
14		30	25,14
15		45	27,15
16		60	26,29
17	1000	15	24,06
18		30	25,01
19		45	23,81
20		60	22,84

Berdasarkan analisis *sludge* sebelum asidifikasi, didapatkan hasil bahwa *supernatant* awalnya hampir tidak mengandung aluminium sama sekali (*traceless*). Setelah proses asidifikasi, rentang persentase Aluminium *recovery* yang diperoleh sebesar 22-29 %. Hal ini menunjukkan bahwa proses asidifikasi memang terbukti dapat digunakan untuk *recovery* alumninium.

Persentase *recovery* aluminium yang diperoleh pada penelitian ini terbilang cukup rendah. Tentunya hal ini disebabkan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya.. Menurut Jimenez (2007), jumlah padatan (*solid content*) memiliki pengaruh pada hasil *recovery* aluminium. Terutama untuk rasio antara jumlah Al dan total solid. Untuk *sludge* yang rasio Al/TS nya tinggi, *recovery* yang diperoleh hanya sekitar 20-30%. Sedangkan untuk rasio Al/TS yang lebih rendah, persentase *recovery* bisa diperoleh hingga 80%. Pada penelitian ini, *sludge* yang digunakan memiliki rasio Al/TS yang cukup tinggi yaitu 96,04 mg Al/gram TS, hal inilah yang menjadi salah satu faktor mengapa *recovery* alumninium nya hanya sebesar 22-29 %.

Faktor lain yang mempengaruhi proses *recovery* aluminium ialah waktu kontak dan kecepatan pengadukan yang digunakan saat proses asidifikasi. Penelitian ini membahas lebih jauh kedua hal tersebut. Berikut ini adalah diagram batang yang menunjukkan hubungan antara persentase Aluminium *recovery* dengan kecepatan pengadukan dan waktu kontak yang berbeda-beda.

Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Recovery Aluminium



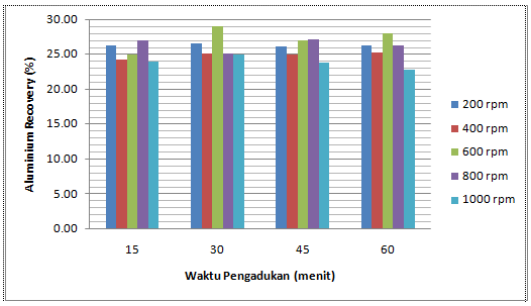
Gambar 2. Hubungan antara Aluminium *Recovery* dengan Kecepatan Pengadukan

Dari gambar 2, terlihat bahwa persentase *recovery* tidak selalu berbanding lurus dengan bertambahnya kecepatan pengadukan. Pada kecepatan 200 dan 400 rpm, *recovery* aluminium cenderung stabil pada berbagai variasi waktu. Hasil yang fluktuatif diperoleh pada saat kecepatan 600 sampai dengan 1000 rpm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa persentase

recovery tertinggi diperoleh pada kecepatan 600 rpm yaitu sebesar 29,12%.

Asidifikasi pada dasarnya adalah berpindahnya kandungan Al dari bagian padat dalam *sludge* menuju bagian filtratnya, atau dengan kata lain melarutnya kembali logam Aluminium dalam *sludge* oleh asam. Hasil penelitian menunjukan bahwa 600 rpm merupakan kecepatan optimum di mana terjadi perpindahan kandungan Al ini secara maksimum menuju fase cair *sludge*. Pada kecepatan pengadukan di bawah itu, baik 200 maupun 400 rpm, pelarutan kembali logam Al dinilai belum cukup sempurna. Namun di atas angka 600 rpm, persentase *recovery* mengalami sedikit penurunan.

Pengaruh Waktu Kontak terhadap Recovery Aluminium



Gambar 3. Hubungan antara Aluminium *Recovery* dengan Waktu Pengadukan

Dari gambar 3, dapat dilihat bahwa persentase *recovery* cenderung stabil pada masing-masing waktu pengadukan. Pada kecepatan pengadukan 200 rpm, 600 rpm dan 1000 rpm, *recovery* terbesar terjadi pada waktu pengadukan 30 menit yaitu sebesar 26,61%, 29,12% dan 25,01%. Hasil yang berbeda diperoleh untuk kecepatan 400 dan 800 rpm, *recovery* terbesar terjadi pada waktu pengadukan 60 dan 45 menit yaitu sebesar 25,36% dan 27,15%. Jika dilihat kembali, maka waktu pengadukan minimal yang baik untuk proses asidifikasi ini sekitar 30 menit. Karena peningkatan *recovery* tidak terjadi secara signifikan pada waktu pengadukan lebih dari 30 menit. Untuk waktu pengadukan kurang dari 30 menit, proses asidifikasi dinilai belum terjadi secara optimal.

Xu (2009) juga melakukan penelitian terkait waktu pengadukan (*mixing time*) dalam proses *recovery* aluminium ini dan mendapatkan hasil yang sama. Bahwa pengadukan pada waktu lebih dari 30 menit, hanya meningkatkan sedikit *recovery* aluminium. Dan sebagai pertimbangan jika proses diterapkan pada *full-scale project*, waktu 30 menit ini dinilai lebih optimum karena akan membutuhkan energi yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan waktu 45 maupun 60 menit.

Proses asidifikasi untuk *recovery* aluminium adalah proses yang cukup dikenal. Proses ini dapat diaplikasikan untuk meminimalkan jumlah lumpur buangan yang dikeluarkan oleh unit pengolahan air. Unit pengolahan air yang dimaksud disini tidak hanya terbatas untuk PT Pupuk Sriwidjaja Palembang saja. Namun, dapat juga diaplikasikan untuk unit pengolahan air yang ada di perusahaan air minum ataupun yang sejenisnya. Selain itu, dengan menggunakan proses recovery aluminium ini banyak manfaat yang dapat diperoleh yaitu dapat menggunakan kembali *recovered aluminium* sebagai bahan kimia pada *water/wastewater treatment* dan tentunya mengurangi cemaran mineral dari lumpur buangan itu sendiri sehingga lebih aman untuk dibuang ke lingkungan.

4. KESIMPULAN

Persentase *recovery* aluminium pada proses asidifikasi *aluminium sludge* keluaran *water treatment* PT Pupuk Sriwidjaja Palembang berkisar antara 22-29%. Setelah proses asidifikasi, dengan variabel dan lamanya waktu dan kecepatan pengadukan, hasil recovery Aluminium optimum yang diperoleh sebesar 29,12%, pada waktu kontak 30 menit dan kecepatan pengadukan 600 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

Chen, Y. J., et. al. 2011. *Effect of Alum Sludge Characteristics on the Efficiency of Coagulants Recovery by Acidification*. Proceedings of the International Conference on Solid Waste, Hong Kong SAR, P. R., China, 2-6 May 2011.

Fulton, George P. 1974. *Recover Alum to Reduce Waste-Disposal Costs*. Journal American Water Works Association, Vol. 66, No. 5, The Environment (May 1974).

Jimenez, B., Martinez, M., dan Vaca M. 2007. *Alum Recovery and Wastewater Sludge Stabilization with Sulfuric Acid: Mixing Aspects*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Nair, Abhilash T., dan M. Mansoor Ahammed. 2014. *Coagulant Recovery from Water*

Treatment Plant Sludge and Reuse in post-Treatment of UASB Reactor Effluent Treating Municipal Wastewater. Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology, Surat, Gujarat, India.

Verlicchi P., Masotti L. 2012. *Reuse of Drinking Water Treatment Plants Sludges in Agriculture: Problems, Perspectives, and Limitations*. Department of Engineering, University of Ferrara, Italy.

Xu, G. R., et. al. 2008. *Recycle of Alum Recovered from Water Treatment Sludge in Chemically Enchanced Primary Treatment*. State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environtment, Harbin Institute of Technology, China.