

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR DAN ABU TERBANG DALAM LAJU PELEPASAN AIR DARI LUMPUR BIOLOGIS (IPAL SIER)

Yatnanta Padma Devia
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

A B S T R A K

Pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) umumnya dihasilkan produk samping berupa lumpur. Lumpur diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan agar dampak negatif dapat diminimalkan dan volume airnya tereduksi. Untuk metode pelepasan air dari lumpur, cara mekanik, umumnya didahului dengan pengkondisian lumpur. Bahan pengkondisi fisik antara lain adalah kapur (kapur terhidrasi, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan abu terbang (*fly ash*). Dalam penelitian ini dikaji pengaruh kapur, limbah abu terbang, serta kombinasi kapur dan abu terbang untuk mempercepat proses pelepasan air dari lumpur IPAL (lumpur biologis) dengan menggunakan berbagai variasi tekanan filter press.

Sumber lumpur dari lumpur biologis (Instalasi Pengolahan Air Limbah, IPAL PT. SIER Rungkut - Surabaya). Metodenya uji solid dan tes ekspresi. Pencampuran lumpur dengan kapur, abu terbang, kapur+abu terbang dengan alat jar-stirring. Uji solid untuk memeriksa kandungan TSS dari cake lumpur setelah penambahan bahan-bahan tersebut di atas. Tes ekspresi dengan alat filter press akan menghasilkan cake lumpur yang diukur waktu pelepasan air dan volume filtrat pada empat variasi tekanan. Parameter yang diukur : pH, temperatur, TSS, *specific resistance to filtration* (SRF).

Hasil penelitian yang diperoleh adalah pelepasan air lumpur biologis meningkat saat diberi kombinasi kapur 100% dan abu terbang 100% pada tekanan 4 kg/cm^2 yang ditandai dengan penurunan SRF 90,48%.

Kata kunci : abu terbang, kapur, lumpur biologis, pelepasan air, *specific resistance to filtration* (SRF)

A B S T R A C T

The wastewater treatment plants produce by product called sludge. Sludge needs treatment before reuse or dispose to the land. The treatment is aimed to minimize the risk of the environment and to reduce the volume of water content. When mechanical dewatering by filter press is used, the treatment needs pretreatment prior to dewatering. Conditioning as one of the pretreatments uses chemical or physical conditioner such as lime and fly ash. This study is aimed to analyze the influence of lime, fly ash, and its combination on dewatering of biological sludge by using filter press with several variations of pressure.

*The sludge sources was collected from wastewater treatment plant of IPAL SIER Rungkut - Surabaya for biological sludge. Solid test and expression test were employed in this study. A conventional jarstirring device was used to mix the sludge and lime, fly ash, and the combination. The suspension solid of cake sludge were analyzed using solid test. Sludge cake of the expression test by filter press was used in the measurement of filtration time and filtrate volume. The pressure utilized in the test was controlled in four variations of pressure. The parameters that used to evaluate the sludge dewatering behaviour are pH, temperature, TSS, *specific resistance to filtration* (SRF).*

The result showed that the enhancement of dewatering increased with combination 100% of lime and 100% of fly ash in a pressure of 4 kg/cm^2 . This enhancement could be expressed with the decrease of SRF 90,48%.

Keywords : biological sludge, dewatering, fly ash, lime, specific resistance to filtration

PENDAHULUAN

Lumpur merupakan hasil samping dari suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Lumpur ini sebagian besar mengandung bahan pencemar yang kurang baik secara estetika. Apabila lumpur juga mengandung bahan yang berbahaya/patogen maka bila dibuang langsung tanpa proses pengolahan akan mencemari lingkungan. Selain itu lumpur umumnya mempunyai kandungan air yang tinggi. Untuk itu, pengolahan lumpur perlu dilakukan agar dapat meminimalkan dampak negatif yang timbul serta mereduksi volume airnya.

Sudah banyak proses-proses pengolahan lumpur yang telah dikembangkan. Pada dasarnya ada lima katagori utama pengolahan lumpur yang diterapkan secara berurutan yakni pengkonsentrasian / pemekatan, stabilisasi, pengkondisian, pelepasan air dan pengeringan / pembakaran. Untuk metode stabilisasi lumpur, dapat dilakukan dengan cara stabilisasi alkalin, di mana dapat pula dipakai sebagai pengkondisian sebelum pelepasan air. Cara stabilisasi atau pengkondisian alkalin umumnya menggunakan bahan kimia misalnya kapur (kapur terhidrasi, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) atau polimer. Bahan lain yang dapat digunakan adalah kalsium oksida (CaO), abu terbang, debu tempat pengeringan semen dan kapur karbit (Metcalf & Eddy, 2003). Bahan-bahan tersebut di atas disebut juga sebagai bahan pengkondisi fisik lumpur. Selanjutnya, akan dirangkai dengan metode pelepasan air sebagai lanjutan stabilisasi/pengkondisian kapur atau bahan fisik lain yakni dengan menggunakan pelepasan air secara mekanik : filter press.

Bahan kapur atau kalsium oksida sudah umum digunakan. Alternatif bahan yang lain, yang mempunyai karakteristik hampir sama dengan kapur karena salah satu cirinya adalah sama-sama

mengandung kalsium oksida, adalah abu terbang. Bahan ini dapat dicoba diterapkan mengingat di Indonesia banyak limbah berupa abu terbang yang dihasilkan terutama dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ataupun industri lainnya. Selama ini abu terbang dimanfaatkan sebagai campuran beton dan semen (*World of Energy*, 2002), namun penerapannya belumlah maksimal sehingga masih banyak yang dibuang langsung ke lahan penimbunan sebagai limbah.

Untuk itu dalam penelitian ini akan dikaji lebih jauh mengenai keefektifan pemanfaatan lain dari limbah abu terbang untuk mempercepat proses pelepasan air dari lumpur dengan metode filter press. Selanjutnya akan dikaji pula kombinasi dari bahan kapur dan abu terbang untuk tujuan yang sama. Menurut *U.S. EPA Report* dalam Sellers (1999) penelitian kombinasi yang pernah dilakukan adalah kombinasi campuran kapur, abu terbang dan bentonit yakni 1,1 kg campuran untuk 1 liter lumpur logam hidroksida; 2,3 kg campuran untuk 1 liter lumpur asam sulfur dan 0,54 kg campuran untuk lumpur logam berminyak. Sedangkan menurut Benitez *et al.* dalam Zhao (2002) bahwa abu terbang sebagai bahan pengkondisi fisik lumpur termasuk pembangun kerangka (*skeleton builder*). Disebut sebagai pembangun kerangka karena bila ditambahkan ke lumpur akan membentuk struktur permeabel dan kisi-kisi kaku yang menyisakan pori di bawah tekanan tinggi. Untuk pengkondisian lumpur biologis dengan abu terbang dan dilanjutkan penghilangan air dengan filter press diperoleh hasil bahwa dengan penambahan 5% (berat per volume) abu terbang akan meningkatkan kandungan solid di cake lumpur sebesar 11,6 – 49,5% (Zoubolis dan Guitonas dalam Zhao *et al.*, 2001). Dalam penelitian ini, kajian dilakukan pada sumber lumpur

dari Instalasi Pengolahan Air Limbah, IPAL PT. SIER Rungkut – Surabaya.

Identifikasi Masalah

Metode pengkondisian secara tunggal atau kombinasi dari bahan kimia dan bahan pengkondisi fisik akan mengubah *specific resistance to filtration* (SRF) dari lumpur.

Pada lumpur dengan konsentrasi solid tinggi atau kadar air rendah, partikel-partikel akan saling menghalangi ketika ada partikel yang berusaha masuk ke pori media filter secara serentak. Kondisi ini akan menghasilkan suatu pagar yang melindungi pori media filter, sehingga resistensi media filter akan menurun atau tidak berubah selama pembentukan cake lumpur. Penambahan bahan pengkondisi fisik/pembangun kerangka berupa kapur dan abu terbang dimaksudkan untuk mereduksi SRF.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam suatu instalasi pengolahan air limbah, salah satu bahan atau material yang harus dihilangkan adalah padatan, yang diistilahkan dengan solid dan biosolid, yang selanjutnya seringkali disebut dengan lumpur. Umumnya berbentuk liquid atau semisolid liquid. Secara tipikal lumpur mengandung 0,25 – 12% berat solid, di mana hal ini tergantung proses dan operasi yang digunakan.

Biosolid menurut *Water Environment Federation*, WEF (1998) adalah solid dari air limbah yang merupakan produk organik yang secara menguntungkan dapat digunakan setelah pengolahan stabilisasi dan komposting. Sedangkan menurut R. Crites dan G. Tchobanoglous (1998) biosolid merupakan materi tertinggal setelah lumpur distabilisasi. Untuk istilah lumpur, dipakai saat belum digunakan secara menguntungkan. Biasanya lumpur

Semakin rendah SRF maka makin baik proses pelepasan air dari lumpur.

Tujuan

Menganalisis besarnya pengaruh penambahan kapur, abu terbang serta kombinasi kapur dan abu terbang pada pelepasan air dari lumpur biologis pada berbagai variasi tekanan filter press.

Manfaat

Manfaat dari penelitian ini diharapkan hasilnya dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk pemanfaatan lain dari abu terbang yang selama ini dipakai sebagai bahan campuran beton. Selain itu, lumpur terolah diharapkan dapat dipakai untuk aplikasi taman rumah, pertanian komersial, jalur hijau, area rekreasi dan reklamasi tanah permukaan yang terdegradasi ataupun dipakai sebagai batako, pavingstone, bahan keramik, dan sebagainya.

berkaitan dengan gambaran proses misal lumpur primer, buangan lumpur aktif, dan lumpur sekunder. Dalam kasus di mana ada kepastian, yang terkadang pula belum pasti pula, untuk penggunaan yang menguntungkan maka istilah solid akan dipakai. Biosolid setelah diolah dapat digunakan untuk taman rumah, pertanian komersial, jalur hijau, area rekreasi dan reklamasi tanah permukaan yang terdegradasi misalnya karena pertambangan. Biosolid umumnya kaya akan nutrien antara lain nitrogen, fosfor dan beberapa mikronutrien.

Tahap awal, biosolid distabilkan dalam rangka untuk mereduksi patogen, mengurangi bau dan menghalangi atau mengurangi potensi pembusukan. Di samping itu, stabilisasi lumpur digunakan untuk mengurangi volume, memproduksi gas yang berguna (metan) dan meningkatkan kemampuan pelepasan air

dari lumpur. Salah satu cara dengan stabilisasi alkaline (kapur).

Tahap selanjutnya adalah pengkondisian lumpur. Pengkondisian secara kimiawi merupakan proses untuk mempersiapkan lumpur untuk pengolahan lanjutan yang lebih baik dan ekonomis dalam sistem pelepasan air. Menurut Manahan (1994) bahwa pengkondisian lumpur ditujukan untuk mengkonsentrasikan dan menstabilkan lumpur dan menjadikan lumpur mudah untuk dilepaskan airnya. Sistem pelepasan air secara mekanik akan menggunakan filter vakum atau centrifuge, belt filter dan filter press. Pengkondisian secara kimiawi dapat menurunkan 90-99% kandungan air menjadi 65-85%, tergantung pada sifat solid yang akan diolah (Metcalf & Eddy, 2003). Di sini akan dihasilkan koagulasi dari solid dan melepaskan air yang terabsorb. Penambahan ini akan dapat meningkatkan padatan kering. Penambahan kapur meningkatkan padatan kering sampai 20-30%.

Bahan kapur atau sejenisnya seperti gipsum dan abu terbang, menurut Benitez *et al.* dalam Zhao (2002) termasuk bahan pengkondisi fisik lumpur atau istilah lain adalah pembangun kerangka (*skeleton builder*). Disebut sebagai pembangun kerangka karena bila ditambahkan ke lumpur akan membentuk struktur permeabel dan kisi-kisi kaku yang menyisakan pori di bawah tekanan tinggi sehingga akan mendukung keefektifan pelepasan air secara mekanis. Bahan pembangun kerangka yang telah sukses digunakan adalah abu terbang, gipsum, debu pengeringan semen, kalsium oksida, kapur terhidrasi, batubara halus, baggase, keping kayu dan ampas tepung.

Penentuan dosis bahan kimia optimum ditentukan dari percobaan di laboratorium. Uji untuk menentukan dosis bahan kimia adalah jar test untuk menentukan uji *specific resistance to filtration* (SRF). SRF mempunyai satuan

m/kg. Jar test merupakan metode paling mudah yang terdiri dari volume standar pengujian sampel lumpur yang umumnya 1 L, dengan konsentrasi bahan kimia yang berbeda-beda, diikuti dengan pengadukan cepat, pengadukan lambat dan pengendapan.

Proses berikutnya adalah pelepasan air. Tujuan pelepasan air adalah untuk mengubah lumpur dari bahan yang liquid menjadi solid yang lembab yang berisi tidak lebih dari 85% air (Manahan, 1994). Pelepasan air untuk keperluan :

- a. Biaya pengangkutan lumpur dan biosolid ke tempat pembuangan akan menjadi lebih rendah karena volume sudah berkurang dengan metode pelepasan air.
- b. Kemudahan dalam mengatasi lumpur dibandingkan dengan cairan lumpur.
- c. Apabila dilanjutkan dengan incenerasi maka akan meningkatkan nilai kalor dengan menghilangkan kelebihan kadar airnya.
- d. Pelepasan air dibutuhkan sebelum komposting untuk mengurangi keperluan bahan tambahan.
- e. Dalam beberapa kasus dapat menjadikan biosolid tidak berbau dan tidak busuk.
- f. Bila dilakukan sebelum landfill akan dapat mengurangi produksi lindi.

Ada beberapa teknik yang digunakan dalam pelepasan air. Ada teknik alamiah dengan menggunakan evaporasi dan perkolasi misalnya bak pengering lumpur (*sludge drying bed*). Adapula yang secara mekanis di mana waktu proses penghilangan airnya lebih cepat. Peralatan tersebut antara lain filtrasi, pemerasan, aksi kapiler, centrifuge dan kompaksi/pemadatan.

Pemilihan peralatan pelepasan air ini tergantung pada tipe lumpur, karakteristik produk hasil proses pelepasan air dan ketersediaan ruang.

Untuk pengkondisian dengan alkalin, metode yang tepat untuk pelepasan airnya adalah filter press.

Dalam filter press maka pelepasan air akan dicapai dengan memaksa air keluar dari lumpur dalam kondisi tekanan tinggi. Keuntungannya adalah cake solid yang berkonsentrasi tinggi, kejernihan filtrat yang baik, dan penangkapan solid yang tinggi. Kerugiannya adalah kompleksitas mekanis, biaya kimia yang tinggi, biaya pekerja yang tinggi dan keterbatasan umur selimut filter.

Dengan mengumpulkan data waktu filtrasi dan volume filtrat serta kombinasi parameter tersebut dengan tekanan aktual filter, luasan filter, konsentrasi padatan lumpur dan viskositas filtrat, maka resistensi/daya tahan cake lumpur dapat diturunkan dengan persamaan-persamaan berikut ini.

Standar persamaan filtrasi :

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu.SRF.c.V}{2.PA^2} + \frac{\mu.Rm}{P.A} \quad \dots\dots(1)$$

atau dapat ditulis :

$$\frac{t}{V} = \left(\frac{\mu.SRF.c}{2.PA^2} \right) V + \frac{\mu.Rm}{P.A} \quad \dots\dots(2)$$

METODE PENELITIAN

Bahan dan alat

Bahan yang dipakai :

- a. Lumpur biologis IPAL SIER Rungkut - Surabaya
- b. Abu terbang batubara Kelas C (kadar CaO tinggi) PT. Tjiwi Kimia. Abu terbang ini diambil dari PT. Varia Usaha Beton, Waru, Sidoarjo yang menggunakan abu terbang Tjiwi Kimia dalam proses produksinya.
- c. Kapur teknis
- d. Aquades

Peralatan yang digunakan :

Alat jar-stirring, filter vakum, pHmeter, oven 105°C, kulkas pendingin, timbangan analitis, desikator, peralatan

Apabila persamaan (2) mengikuti bentuk persamaan garis lurus $y = bx + a$, maka bila diplot dalam grafik dimana nilai V pada sumbu x dan nilai t/V pada sumbu y maka diperoleh slope b dengan nilai yang sama dengan $\left(\frac{\mu.SRF.c}{2.PA^2} \right)$. Apabila

dinyatakan dalam persamaan SRF adalah sebagai berikut

$$SRF = \frac{2bPA^2}{\mu c} \quad \dots\dots(3)$$

dengan :

t = waktu filtrasi (detik)

V = volume filtrat (m³)

μ = viskositas dinamis filtrat (Ndet/m²)

SRF = *specific resistance to filtration* (m/kg)

c = konsentrasi solid total (lumpur awal + bahan pengkondisi) (kg/m³)

P = tekanan filtrasi (N/m²)

A = luas filter (m²)

Rm = resistensi medium filter

b = $\left(\frac{\mu.SRF.c}{2.PA^2} \right)$ (det/m⁶)

filter press : TRITON ELECTRONIC FILTER PRESS, kompresor, pompa Madan, pengukur tekanan, selang dan kran air, stopwatch, kertas saring Whatman #2, termometer, jerigen/botol plastik, peralatan gelas : gelas ukur, gelas beker, cawan petri, cawan porselen, pengaduk kaca, pipet ukur.

Pelaksanaan penelitian

a. Penelitian pendahuluan

Lumpur diaduk secara manual atau dengan pengaduk sehingga homogen selama 1 menit. Kemudian diteliti kondisi awal lumpur yakni pH, temperatur, TSS. pH diukur dengan pHmeter. Temperatur diukur dengan

termometer. Analisis TSS berdasarkan prinsip gravimetri yang mengacu pada *Standard Method* (APHA, 2000).

b. Metode pencampuran lumpur dengan kapur; abu terbang; kapur dan abu terbang dengan menggunakan alat jar-stirring.

Lumpur homogen dimasukkan dalam gelas beker 1000 mL dan diberi kapur / abu terbang / kapur + abu terbang dengan dosis yang bervariasi. Kisaran variasi dosis ini dapat mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya. Referensi penelitian terdahulu :

- a. Abu terbang 151% dry solid (w/v) + polimer 1,1% dry solid (w/v) untuk lumpur air limbah (Benitez *et al.* dalam Zhao, 2002)
- b. Abu terbang 5% dry solid (w/v) untuk lumpur biologis (Zoubolis dan Guitonas dalam Zhao, 2002)

Dalam penelitian ini, baik kapur maupun abu terbang diambil kisaran rendah sampai tinggi di mana diambil 10, 20, 40, 60, 80, 100% dry solid (w/v). Walaupun ada penelitian untuk abu terbang mencapai 151% dry solid tetapi dalam penelitian ini dihentikan sampai 100%. Pertimbangannya adalah apabila melebihi 100% akan membuat komponen lumpurnya menjadi komponen minor karena volume bahan pengkondisinya lebih banyak. Sedangkan untuk kombinasi kapur dan abu terbang belum ada referensi dosis yang pasti namun penelitian yang pernah dilakukan (U.S. EPA Report dalam Sellers, 1999) :

- a. Kombinasi campuran kapur, abu terbang dan bentonit sebanyak 1,1 kg campuran untuk 1 L *metal hydroxide sludge*.
- b. Kombinasi campuran kapur, abu terbang dan bentonit sebanyak 2,3 kg campuran untuk 1 L *sulfuric acid plating waste*.
- c. Kombinasi campuran kapur, abu terbang dan bentonit sebanyak 0,54

kg campuran untuk 1 L *oily metal sludge*.

Untuk itu dalam penelitian ini dicoba dengan komposisi kapur + abu terbang sebanyak : 20% + 20% (rendah-rendah), 20% + 100% (rendah-tinggi), 60% + 60% (sedang), 100% + 20% (tinggi-rendah), dan 100% + 100% (tinggi-tinggi). Dosis kombinasi ini diatur sedemikian rupa sehingga dapat dilihat dominasi kapur terhadap abu terbang maupun sebaliknya (kapur : abu terbang = 20% : 100% atau 100% : 20%). Selain itu juga dilihat pada kombinasi dengan perbandingan dosis yang sama pada penambahan rendah (20% : 20%), sedang (60% : 60%) dan tinggi (100% : 100%).

Alat jar-stirring dijalankan dengan kecepatan tinggi 100 rpm selama 45 detik dan dilanjutkan dengan kecepatan rendah 45 rpm selama 90 detik (Chang *et al.*, 2001). Pengaturan kecepatan ini bertujuan agar bahan pengkondisi fisik terlarut dengan baik dan terjadi destabilisasi pada saat kecepatan tinggi dan dilanjutkan dengan pembentukan flok-flok (flokulasi) pada kecepatan rendah. Pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak flok yang telah terbentuk.

c. Penentuan temperatur dan pH.

Setelah melakukan jar-stirring, sampel masing-masing akan diukur temperatur dengan termometer dan pH dengan pHmeter.

d. Penentuan kadar TSS

Parameter lainnya yang akan diperiksa adalah TSS

e. Penentuan kadar air dan kadar solid cake hasil filter press serta pengamatan waktu dan volume filtrat untuk menentukan *specific resistance to filtration* (SRF)

Hasil dari filter press adalah cake lumpur yang akan diperiksa kadar air dan kadar solid yang tersisa di dalamnya.

Batas waktu penyimpanan sampel adalah 1 minggu. Sebagai data awal, diuji

karakteristik dari lumpur yang hasilnya ditampilkan pada Tabel 1 :

Tabel 1. Karakteristik awal lumpur biologis IPAL PT. SIER

PARAMETER	NILAI
Suhu	26,5°C
pH	6,51
TSS	12,23 gr/L
VSS	5,57 gr/L
Kadar solid	1,86%
Kadar air	98,14%

(Sumber : hasil percobaan)

Lumpur biologis ini secara fisik berwarna hitam pekat dan encer. Adapun kapur yang digunakan adalah kapur teknis dengan kandungan **CaO 80%** (sumber : hasil pemeriksaan laboratorium). Bentuk fisik dari kapur ini adalah serbuk/*powder* berwarna putih. Abu terbang yang dipakai adalah berasal dari PT. Tjiwi Kimia Mojokerto. Pengambilan dilakukan di PT. Varia Usaha Beton, Waru-Sidoarjo yang membuat beton *ready mix* dengan menggunakan abu terbang Tjiwi Kimia sebagai salah satu bahan pembuat betonnya. Adapun kandungan CaO **17,6 %** (sumber : hasil pemeriksaan laboratorium). Untuk itu abu terbang ini termasuk **kelas C** karena kandungan CaO yang >10%. Bentuk fisik dari abu terbang ini adalah serbuk berwarna hitam.

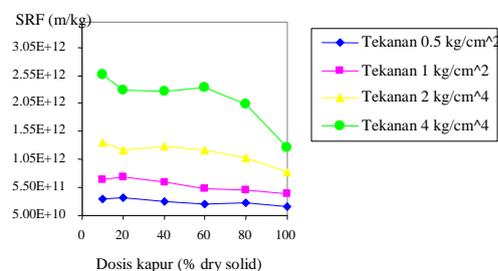
Pada saat filter press bekerja, dicatat waktu dan volume filtrat yang terkumpul. Dari data waktu dan volume

filtrat yang terkumpul, dibuat grafik antara volume, V (m^3) dengan waktu per volume, t/V (det/m^3). Grafik yang diperoleh akan ditambahkan garis kecenderungan dalam bentuk regresi linier sehingga didapatkan slope (b). Nilai slope (b) ini akan dipakai sebagai variabel perhitungan *specific resistance to filtration* (SRF). Nilai b dari grafik, akan diaplikasikan untuk menghitung *specific resistance to filtration* (SRF).

Tujuan dari penambahan bahan pengkondisi ini adalah untuk menurunkan nilai SRF. Untuk itu akan dihitung prosentase penurunan nilai SRF pada setiap variasi dosis dan tekanan.

Penambahan kapur

Untuk grafik perubahan nilai SRF bila ditambahkan kapur pada lumpur biologis berdasarkan dosis kapur pada berbagai variasi tekanan, digambarkan pada Gambar 2. berikut ini.



Gambar 2
Grafik SRF lumpur biologis vs dosis kapur pada berbagai variasi tekanan

Penambahan kapur pada lumpur biologis memberikan kecenderungan penurunan SRF. Semakin tinggi dosis kapur maka semakin rendah nilai SRFnya. Sedangkan untuk tekanan, semakin tinggi tekanan semakin tinggi nilai SRFnya. Adapun yang diharapkan adalah SRF rendah. Hal ini dicapai dengan dosis kapur yang tinggi dan tekanan yang rendah.

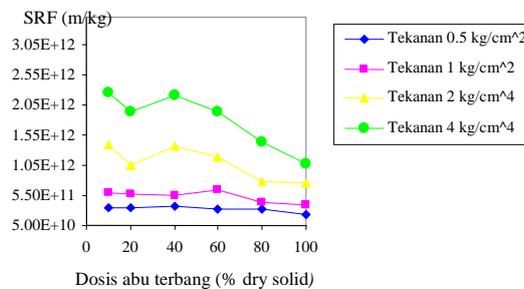
Penurunan SRF bervariasi yakni berkisar antara 13,23 – 58,19% di mana penurunan yang tertinggi dicapai pada penambahan kapur 100%. Nilai SRF awal sebesar $1,023 \cdot 10^{12}$ m/kg dan setelah penambahan kapur 100% menurun menjadi $4,27 \cdot 10^{11}$ m/kg. Variasi nilai SRF

disebabkan karena nilai berat solid awal lumpur sebelum filtrasi juga berbeda-beda sehingga menghasilkan nilai SRF yang beragam.

Kemiringan dari garis-garis pada grafik tidak menunjukkan hal yang berarti mengingat nilai SRF yang tertera di grafik akan dibandingkan dengan nilai SRF awal lumpur saat tidak ditambah kapur.

Penambahan abu terbang

Pada lumpur biologis bila ditambah dengan abu terbang, maka grafik perubahan nilai SRFnya seperti pada Gambar 3. berikut ini.



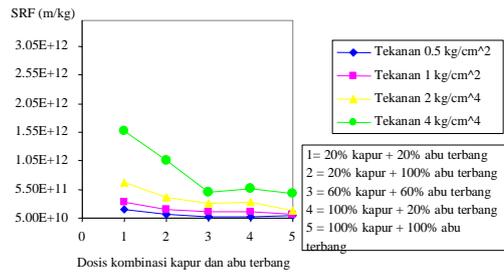
Gambar 3
Grafik SRF lumpur biologis vs dosis abu terbang pada berbagai variasi tekanan

Pengaruh yang terjadi untuk abu terbang hampir sama kecenderungannya dengan penambahan kapur. Penambahan abu terbang pada lumpur biologis juga memberikan kecenderungan penurunan SRF di mana penurunan berkisar antara 19,98 – 63,98%. Penurunan tertinggi dicapai pada penambahan abu terbang 100%. Nilai SRF awal sebesar $2,945 \cdot 10^{12}$ m/kg dan setelah penambahan abu terbang menurun menjadi $1,061 \cdot 10^{12}$ m/kg. Pada Gambar 3. nampak adanya kenaikan pada dosis 40% namun kemudian menurun kembali. Hal ini

disebabkan karena kekurangtelitian dalam penelitian pada saat pencatatan waktu filtrasi maupun volume filtrat serta tekanan yang harus terjaga dengan konstan sehingga mempengaruhi hasil perhitungan SRF.

Penambahan kombinasi kapur dan abu terbang

Kombinasi kapur dan abu terbang diaplikasikan untuk memperoleh penurunan nilai SRF yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4.
Grafik SRF lumpur biologis vs dosis kombinasi kapur dan abu terbang pada berbagai variasi tekanan

Penambahan kombinasi kapur dan abu terbang menurunkan nilai SRF yang berkisar antara 46,40 – 90,48% yang juga dicapai pada kombinasi kapur 100% dan abu terbang 100%. Nilai SRF awal sebesar $1,781.10^{12}$ m/kg dan setelah penambahan kombinasi kapur 100% dan abu terbang 100% menurun menjadi $1,69.10^{11}$ m/kg.

Diharapkan SRF cake lumpur awal (sebelum diberi tambahan bahan pengkondisi fisik) akan menurun setelah diberi bahan pengkondisi fisik. Untuk lumpur biologis, penambahan kapur saja terjadi penurunan nilai SRF sekitar 13,23 – 58,19% dan abu terbang tidak terlalu berbeda dengan kapur yakni memberikan penurunan nilai SRF sebesar 19,98% - 63,98%. Penurunan tertinggi terjadi pada penambahan kombinasi kapur dan abu terbang yakni terjadi penurunan nilai SRF sebesar 46,40 – 90,48%. Dosis campuran yang menghasilkan penurunan tertinggi untuk nilai SRF adalah kapur 100% dan abu terbang 100% pada tekanan 4 kg/cm².

Untuk parameter SRF ini, tekanan filter press rendah yang akan menghasilkan nilai SRF rendah.

KESIMPULAN

Penambahan kombinasi kapur 100% dan abu terbang 100% dalam lumpur biologis (IPAL PT. SIER) lebih besar pengaruhnya terhadap keefektifan pelepasan air dengan filter press tekanan

Hal ini sesuai dengan rumus

$$SRF = \frac{2bPA^2}{\mu c}$$

Tekanan filter press sebanding dengan nilai SRF. Tekanan filter press rendah maka SRF juga rendah. Namun dalam penelitian ini, tidak dilihat secara langsung nilai SRFnya yang paling rendah, melainkan dihitung penurunan tertinggi SRF yang dicapai dari kondisi lumpur biologis tanpa penambahan bahan pengkondisi fisik dibandingkan dengan penambahan bahan tersebut. Penurunan tertinggi dicapai dosis campuran 100% kapur dan 100% abu terbang pada tekanan 4 kg/cm² dengan penurunan sebesar 90,48%. Nilai SRF awal sebesar $1,781.10^{12}$ m/kg dan menurun menjadi $1,69.10^{11}$ m/kg.

Lumpur biologis mengandung campuran heterogen dari partikel, mikroorganisme, dan koloid berukuran kecil yang menyebabkan resistensi tinggi terhadap pelepasan air secara mekanis. Untuk itu peranan kapur dan abu terbang di sini sama-sama sebagai bahan pengkondisi fisik yang dapat mengubah struktur lumpur biologis sehingga resistensi turun dan memudahkan proses pelepasan airnya

4 kg/cm², dibandingkan dengan penambahan kapur saja atau abu terbang saja. Besarnya pengaruh ditunjukkan dengan penurunan nilai SRF 90,48%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, A. (2000) Leaching of hazardous substances from concrete constituents. Department of Building Material, Chalmers University of Technology, Goteberg.
- Anonim. (2004) Sludge dewatering with tramfloc polymers. Tramfloc, Inc.
- Anonim. (2002) Coal fly ash : Material description. American Coal Ash Association (ACAA), Virginia, USA.
- Anonim. (2002) Fact file : Fly ash in Western Australia. World of Energy, Energy Education Officer, WA, Australia.
- Anonim. (2000) Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th Edition. American Public Health Association, Washington, USA.
- Anonim. (1991) Water treatment handbook. Sixth edition. **Vol 1**. Degremont Water and the Environment
- Benefield, L.D., J.F Judkins, B.L. Weand (1982) Process chemistry for water and wastewater treatment. Prentice Hall Inc.
- Chang, G.R., J.C Liu, D.J Lee. (2000) Co-conditioning and dewatering of chemical sludge and waste activated sludge. *Water Research*. **Vol 35**. No 3. Elsevier Science Ltd. hal 786 -794
- Chen, G.W., W.W Lin, D.J Lee. (1996) Capillary suction time (CST) as a mean of sludge dewaterability. *Water Science Technology* . **Vol 34**. No 3 - 4. IWA Publishing. hal 443 - 448
- Crites R, G. Tchobanoglous. (1998) Small & decentralized wastewater management system. Mc Graw Hill, Singapore.
- Majko, R. (2003) Fly ash in waste stabilization. Fly ash Resource Center.
- Manahan, S.E. (1994) Environmental chemistry. Sixth edition. Lewish Publisher.
- Metcalf & Eddy Inc. (2003) Wastewater engineering : treatment, disposal and reuse. Fourth Edition. McGraw Hill, Inc. USA
- Peavy, S.H., D.R. Rowe, G. Tchobanoglous. (1985) Environmental engineering. McGraw Hill Book Co, Singapore
- Reynold, T.D. (1996) Unit operations and processes in environmental engineering. Brooks/Cole Engineering Division, Monterey, California
- Sellers, K. (1999) Fundamental of hazardous waste site remediation. Lewis Publisher, USA.
- Sharma D.H., S.P Lewis. (1994) Waste containment system, waste stabilization and landfills (design and evaluation). John Wiley and Sons Inc.
- Spellman, R.F. (1997) Wastewater biosolids to composit. A Technomic Publishing Company Book.
- Suyartono, S. (2001) Hidup dengan batubara : dari kebijakan hingga pemanfaatan. Yayasan Media Bakti Tambang, Jakarta
- Taruya T., N. Okuno, K. Kanaya. (2002) Reuse of sewage sludge as raw material of portland cement in Japan. *Water Science Technology* . **Vol 46**. No 10. IWA Publishing. hal 255-258
- U.S. EPA (2000) Biosolid technology fact sheet : alkaline stabilixation

- of biosolid. EPA 832-F-00-052.
Office of Water, Washington DC.
- U.S. EPA (2000) Wastewater technology
fact sheet : chemical precipitation.
EPA 832-F-00-018. Office of
Water, Washington DC
- Zhao, Y.Q. (2002) Enhancement of alum
sludge dewatering capacity by
using gypsum as skeleton builder.
Colloid and Surfaces. **211.**
Elsevier Science Ltd. hal 205 –
212
- Zhao, Y.Q., D.H Bache. (2001)
Conditioning of alum sludge
with polymer and gypsum.
Colloid and Surfaces. **194.**
Elsevier Science Ltd. hal 213
– 220