PENINGKATAN EFISIENSI PENGGUNAAN KOAGULAN PADA UNIT PENGOLAHAN AIR LIMBAH BATU BARA

Misri Gozan*, Praswasti PDK Wulan, dan Hardi Putra
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Kampus Baru UI-Depok 16424
Email : mgozan@che.ui.ac.id, wulan@che.ui.ac.id

Abstrak

Air limbah dari proses pengolahan batubara berpotensi merusak lingkungan karena melarutkan partikel yang mengandung B3. Penggunaan koagulan dalam salah satu kolam pengolahan air limbah industri batubara di Kalimantan dibuat pada tanah galian terbuka sehingga koagulasi dan presipitasi tidak optimal. Penelitian ini bertujuan memperbaiki unjuk kerja penggunaan koagulan pada pengolahan air limbah dan modifikasi kolam pengolahan. Sampel air limbah diambil dari lapangan dan dilakukan Jar Tes untuk membandingkan kinerja koagulan. Koagulan yang digunakan adalah tawas, Poly Aluminium Chloride (PAC) dan Nalcolyte 8100 sebesar 18,65 kg tawas (50 ppm); 57,6 Liter PAC (150 ppm); dan 1,865 Liter Nalcolyte (5 ppm) pada laju alir air limbah 4,31 L/dtk. Hasil Jar Tes menunjukkan endapan yang dihasilkan tawas dan PAC bersifat tidak stabil dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengendap. Ukuran partikel endapan dengan Nalcolyte 8100 cukup besar sehingga proses pengendapan menjadi lebih cepat dan tidak mudah mengalami gangguan. Waktu pengerukan atau pembersihan kolam untuk koagulan tawas (50 ppm), PAC (150 ppm) dan Nalcolyte 8100 (5 ppm) masing-masing adalah 4, 4 dan 6 hari sekali, secara berurutan.

Kata kunci: pengendapan, koagulan, kolam pengolahan air limbah, batubara

Abstract

Wastewater from coal processing plant (CPP) might dissolve hazardous particles to the environment. Coagulant was used at wastewater treatment in Kalimantan coal industry in an open pond so that coagulation and precipitation were not optimal. This research was aimed to improve the coagulant performance. Wastewater samples taken from the field were tested by using Jar Tests to compare the performance of coagulants. Coagulant used were alum, Poly Aluminium Chloride (PAC) and Nalcolyte 8100 with the needs of 18.65 kg alum (50 ppm), 57.6 liters of PAC (150 ppm) and Nalcolyte 1.865 liter (5 ppm) at wastewater flow rate of 4.31 L/s. Jar Test results showed that the resulting sediment of alum and PAC were not stable and required substantial time to settle. Particle size sediment produced by using 8100 Nalcolyte was large enough so that the deposition process was faster and not easily susceptible to interference. Pool dredging or cleaning time for alum (50 ppm), PAC (150 ppm) and Nalcolyte 8100 (5 ppm) were 4, 4 and 6 days, respectively.

Key words: precipitation, coagulant, wastewater treatment ponds, coal

*korespondensi

1. Pendahuluan

Kegiatan penambangan batubara di tanah air tentunya memiliki dampak bagi makhluk hidup dan lingkungan sekitarnya, baik itu yang bersifat positif maupun negatif. Secara umum dampak positif yang dihasilkan adalah terbukanya lapangan kerja baru serta menambah pendapatan daerah tempat dilakukannya penambangan. Sedangkan dampak negatif yang muncul antara lain adalah terganggunya lingkungan area penambangan yang dapat disebabkan oleh penebangan hutan atau pembukaan lahan untuk tambang dan terbentuknya air asam tambang (Asdak, 2002). Selain itu dihasilkan juga air limbah yang berasal dari *coal processing plant* (CPP). Untuk menanggulangi dampak negatif tersebut perlu dilakukan usaha-usaha seperti revegetasi lahan yang telah selesai ditambang, pembuatan saluran air dan kolam untuk menampung dan mengolah air asam tambang serta air limbah dari *coal processing plant* (CPP) (Qasim, 2000). Dengan penanganan yang baik maka diharapkan dampak negatif yang dikhawatirkan dapat diminimalisasi atau bahkan dicegah sehingga kelestarian lingkungan tetap terjaga untuk menjamin kualitas hidup di masa mendatang (Davis, 2006). Salah satu yang penting dari usaha untuk meminimalisasi dampak negatif dari penambangan batubara adalah proses penanganan limbah cair seperti air hasil pembersihan *crusher* batubara yang terdapat di CPP. Pengolahan air limbah sangat diperlukan sebab air tersebut pada akhirnya akan mengalir ke lingkungan sekitar, seperti sungai. Oleh karena itu hasil akhir dari pengolahan air limbah dari CPP harus memenuhi baku mutu air yang telah ditetapkan (Gautama, 1999).

Pada proses pengiriman batubara ke konsumen, batubara yang berasal dari tambang sebelum masuk ke kapal dilakukan penghancuran atau *crushing*. Batubara yang berasal dari tambang dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil (Gautama, 1999). Dalam proses penghancuran tersebut sebelum batubara masuk ke *crusher* maka batubara tersebut disiram dengan air, yang bertujuan untuk mengurangi debu yang dihasilkan ketika proses penghancuran dilakukan serta pada saat *crusher* beroperasi juga dilakukan penyiraman untuk membersihkan *crusher* dari partikel-partikel batubara yang apabila tidak disiram atau dibersihkan akan

mengganggu kinerja *crusher*. Air limpasan dari *crusher* inilah yang berpotensi merusak lingkungan karena melarutkan partikel-partikel mengandung bahan B3 dan terbawa ke badan air sungai yang juga diakses masyarakat sekitar (Gautama, 1999). Sehingga sebelum dibuang ke lingkungan harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Penggunaan koagulan di sebuah industri batubara di Kalimantan selama ini dilakukan tanpa dasar perhitungan yang jelas. Kolam pengolahan air limbah yang ada dibuat hanya dengan menggali tanah dan hasil pengamatan menunjukkan hal ini kurang mendukung terjadinya koagulasi dan presipitasi.

Penelitian ini bertujuan membandingkan keefektifan penggunaan koagulan pada air limbah pada sebuah industri batubara di Kalimantan Timur, sehingga dapat ditemukan koagulan yang efektif untuk mengatasi permasalahan *Total Suspended Solid* (TSS atau padatan tersuspensi total) pada fasilitas pengolahan limbah cair. Terdapat dua jenis koagulan yang digunakan untuk dibandingkan kinerjanya dengan tawas, yaitu *Poly aluminium Chloride* (PAC) dan koagulan produk Nalco, yaitu Nalcolyte 8100. Data-data yang akan dihasilkan diantaranya adalah konsentrasi penambahan koagulan per satuan volume limbah, waktu reaksi yang dibutuhkan untuk proses sedimentasi dibandingkan dengan volume endapan terbentuk.

2. Metodologi

Penelitian diawali dengan Jar Test untuk menguji proses koagulasi. Untuk melihat kualitas hasil koagulasi dilakukan juga test pH dan TSS.

Jar Tes

Jar Tes merupakan metode standar yang dilakukan untuk menguji proses koagulasi (Gozan, 2006; Kemmer, 2002). Jar Tes yang dilakukan adalah untuk membandingkan kinerja koagulan yang digunakan untuk mengendapkan padatan tersuspensi yang terdapat pada air limbah di CPP. Koagulan yang digunakan adalah tawas, *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Nalcolyte 8100. Setelah melakukan Jar Tes dilakukan uji kekeruhan dengan menggunakan turbidimeter serta mengukur pH untuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Percobaan Jar Tes ini dilakukan berulang kali untuk mendapatkan

hasil yang terbaik dan berguna untuk melakukan perbandingan antara hasil Jar Tes yang satu dengan yang lainnya.

Metode Jar Tes yang dilakukan menggunakan 10 mL PAC atau Nalco atau 10 gram tawas kemudian dilarutkan dalam 1000 mL air atau aquades. Setelah larutan koagulan siap, maka perbandingannya adalah untuk setiap 1 mL yang dilarutkan dalam 1000 mL sampel limbah sama dengan 10 ppm. Penambahan koagulan dengan dosis yang berbeda-beda dilakukan untuk masing-masing wadah. Pengadukan dilakukan selama satu menit untuk meratakan penyebaran koagulan sehingga kinerja dari koagulan bisa efektif.

Percobaan Jar Tes ini dikondisikan dengan keadaan di lapangan nantinya dimana pengadukan dilakukan secara manual dan air yang digunakan sebagai pelarut koagulan adalah air keran yang berasal dari sungai.

Mengukur TSS

Hasil penentuan kandungan Total Suspended Solid (TSS) dari contoh air disajikan pada Tabel 2.

Mengukur pH

Penentuan pH merupakan salah satu yang terpenting dan sering digunakan dalam pengujian kimia air (Gozan, 2006). Secara praktis setiap tahap dari pengolahan air limbah, misalnya netralisasi asam basa, penguapan, koagulasi dan kontrol korosi tergantung dari pH alkalinitas dan keasaman adalah kapasitas air untuk menetralkan asam-basa kuat sampai suatu nilai pH tertentu yang dapat dinyatakan dalam meq/L atau mg/L CaCO_3 , pH ditentukan secara potensiometrik dengan menggunakan *standard hydrogen electrode*. Sampel yang telah melalui proses koagulasi disiapkan sebanyak satu liter. Lalu melarutkan kapur sebanyak 1 gram ke dalam satu liter air. Setiap 1 mL larutan kapur yang dimasukkan ke dalam 1 liter sampel sama dengan 1 ppm. pH awal sampel diukur dan ditambahkan larutan kapur hingga pH sampel menjadi netral.

3. Hasil dan Diskusi

Metode Jar Tes

Percobaan Jar Tes ini dikondisikan dengan keadaan di lapangan nantinya dimana pengadukan dilakukan secara manual dan air yang digunakan sebagai pelarut koagulan adalah air keran yang berasal dari sungai.

Untuk proses koagulasi ini data yang didapat tidak bisa selalu dipakai untuk proses koagulasi jika menginginkan kondisi yang optimal seperti biaya pemakaian koagulan dan pemakaian kapur. Ada dua faktor utama yang menentukan pemakaian koagulan dan kapur, yaitu kondisi kekeruhan air limbah dan debit air limbah (Satterfield, 2008). Dosis untuk pemakaian koagulan di bawah adalah untuk sampel yang diambil pada tanggal 18 Februari 2008.

Tabel 1. Variasi Dosis Koagulan (1)

Tawas (ppm)	PAC (ppm)	Nalcolyte 8100 (ppm)
130	200	20
140	300	30
150	400	40
160	500	50

Untuk masing-masing koagulan diambil dosis yang terbaik yang diketahui dengan mengukur turbiditas kekeruhan dari masing-masing hasil Jar Tes. Kemudian hasil Jar Tes tersebut dikirim ke laboratorium Sucofindo. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Jar Tes (1)

	Tawas (ppm)	PAC (ppm)	Nalco (ppm)	Inlet
Dosis optimum (ppm/L)	160	500	30	-
Kekeruhan	23,2	40,4	7,65	-
pH	5,87	6,08	7,00	-
TSS (mg/L)	8	6	10	1.498
Mn (mg/L)	0,06	0,06	<0,02	<0,02
Fe (mg/L)	<0,02	<0,02	<0,02	0,36
Lama pengendapan	15	15	10	-

Tabel 3. Biaya Koagulan (1)

Koagulan	Biaya/hari
Tawas (160 ppm)	Rp 170.040,-
PAC (500 ppm)	Rp 1.040.558,-
Nalcolyte 8100 (30 ppm)	Rp 561.178,-

Jar Tes kemudian dilakukan kembali untuk mencari dosis minimal yang harus ditambahkan ke air limbah, sebab dari data di atas dapat kita lihat bahwa TSS yang didapatkan sangat kecil dan sangat aman dari batas baku mutu yang telah ditetapkan yaitu

400 mg/L. Namun kondisi dosis seperti ini membutuhkan dana yang cukup besar untuk pembelian koagulan.

Jar Tes kedua kemudian dilakukan dengan menurunkan dosis yang diberikan ke air limbah. Variasi dosis yang dilakukan diberikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Variasi Dosis Koagulan (2)

Tawas (ppm)	PAC (ppm)	Nalcolyte 8100 (ppm)
50	50	1
100	100	5
150	150	8

Dosis untuk pemakaian koagulan di atas adalah untuk sampel yang diambil pada tanggal 24 Maret 2008. Untuk masing-masing koagulan diambil dosis yang terbaik dan terburuk yang diketahui dengan mengukur turbiditas atau kekeruhan dari masing-masing hasil Jar Tes, serta waktu pengendapan dibatasi selama 20 menit. Kemudian hasil Jar Tes tersebut dikirim ke laboratorium Sucofindo. Hasil dari percobaan tersebut ditampilkan pada Tabel 5. Berdasarkan hasil Jar Tes tersebut maka ditentukan dosis optimal dimana dengan dosis yang ditentukan nantinya didapat hasil TSS yang aman dan biaya yang tidak terlalu besar untuk pembelian koagulan serta kapur.

Perhitungan dosis koagulan yang dicampur dengan dengan air limbah harus benar-benar tepat, sebab jika dosis kurang atau melebihi kebutuhan maka proses koagulasi tidak berjalan dengan optimal. Oleh karena itu, parameter yang penting dalam penambahan koagulan ini adalah debit air limbah (Kemmer, 2002; Satterfiel, 2008). Untuk perhitungan debit air limbah dilakukan ketika *crusher* beroperasi kondisi tidak hujan. Langkah-langkah perhitungan yang dilakukan adalah mengukur laju alir *inlet* di lapangan, menghitung debit inlet dari data no. 1 dengan rumus (Gautama. 1999; Kemmer, 2002):

$$Q = A \cdot k \cdot U \quad (1)$$

dengan:

Q = debit aliran (m³/det)
A = luas penampang basah (m²)
k = koefisien
U = Kecepatan pelampung (m/dt)

Data yang didapat adalah :

laju alir *inlet* rata-rata = 0,25 m/s
Kedalaman rata-rata saluran = 5 cm
Lebar saluran = 38 cm

Luas penampang dicari dengan menggunakan rumus A = kedalaman rata-rata x lebar. Nilai k tergantung dari jenis pelampung yang dipakai dan dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$k = 1 - 0,11(\sqrt{1 - \alpha} - 0,1) \quad (2)$$

Dengan α adalah kedalaman tangkai (h) dibagi kedalaman air (d); α adalah kedalaman bagian pelampung yang tenggelam dibagi kedalaman air. Dengan kedalaman air 0,05 m, dan kedalaman tangkai 0,01 m, maka didapat nilai debit sebesar 4,31 L/dtk atau 258,6 L/menit.

Perhitungan kebutuhan koagulan didasarkan pada nilai laju alir pada no 2. Kebutuhan koagulan diperoleh dengan mengalikan dosis koagulan dengan laju alir *inlet*, sehingga diperoleh kebutuhan koagulan sebesar: Tawas (50 ppm) = 18,65 kg/hari, PAC (150 ppm) = 57,6 L/hari dan Nalcolyte (5 ppm) 1,865 liter per hari.

Pengaturan pH

Pada umumnya penggunaan koagulan untuk proses pengendapan akan menurunkan pH (Gozan, 2006), sehingga diperlukan penetralan pH setelah penambahan koagulan. Penetralan pH dilakukan dengan menggunakan larutan kapur. Dari hasil percobaan dengan metode titrasi didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Jar Tes (2)

	Inlet	PAC 1	PAC 2	Nalco 1	Nalco2
Dosis (ppm/liter)		50	200	1	8
Kekeruhan (NTU)		351	33,5	322	16,4
pH	7,14	7,05	6,82	7,13	7,28
TSS (mg/l)	702	188	16	202	8
Mn(mg/l)	0,02	0,04	0,05	0,02	0,03
Fe (mg/l)	0,41	0,21	0,02	0,38	0,02
Lama pengendapan		20 menit	20 menit	20 menit	20 menit

Tabel 6. Kebutuhan Kapur

	Tawas (50 ppm)	PAC (150 ppm)	Nalco (5 ppm)
pH awal	6,42	6,82	7,20
Larutan kapur yang dibutuhkan untuk menetralkan pH (ppm)	21,6	14,0	-
Kebutuhan kapur (kg/hari)	8,2	5,25	-

Proses koagulasi yang dilakukan untuk menurunkan nilai TSS akan menghasilkan endapan yang terbentuk dari proses sedimentasi setelah air limbah mengalami proses koagulasi. Volume endapan yang terbentuk bergantung pada beberapa faktor diantaranya adalah kondisi debit air limbah, kekeruhan air limbah, dosis koagulan yang digunakan untuk koagulasi serta karakteristik dari koagulan tersebut. Volume endapan yang terbentuk di tiap1 liter air limbah dari hasil Jar Tes adalah dengan penggunaan tawas (50 ppm) 75 mL dengan waktu pengendapan 20 menit; PAC (150 ppm) 70 mL dengan waktu pengendapan 20 menit, dan dengan Nalcolyte 8100 (5 ppm) dihasilkan 50 mL endapan dengan waktu pengendapan 20 menit. Dengan demikian dari data ini akan terbentuk endapan per harinya adalah tawas (50 ppm) = 28 m³; PAC (150 ppm) = 26,5 m³ dan Nalcolyte 8100 (5 ppm) = 19 m³.

Hasil Jar Tes ini menunjukkan bahwa endapan yang dihasilkan oleh koagulan tawas dan PAC bersifat tidak stabil sebab endapan yang dihasilkan memiliki ukuran partikel yang kecil, sehingga mudah mengalami gangguan dan dibutuhkan waktu yang cukup lama lagi untuk mengendap. Hal tersebut juga mengakibatkan volume endapan menjadi lebih besar. Sedangkan untuk endapan yang dihasilkan oleh koagulan Nalcolyte 8100 memiliki ukuran partikel yang cukup besar sehingga proses pengendapan menjadi lebih cepat dan tidak mudah mengalami gangguan.

Dibandingkan dengan volume kolam pertama untuk proses koagulasi dan desain area untuk pengerukan endapan (100 m³), maka dengan jumlah volume tersebut untuk penggunaan masing-masing koagulan dapat diperkirakan waktu pengerukan atau pembersihan kolam, yaitu : Tawas (50 ppm) = 4 hari sekali ; PAC (150 ppm) = 4 hari sekali

dan Nalcolyte 8100 (5 ppm) = 6 hari sekali.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Percobaan menggunakan tawas 50 ppm menghasilkan TSS 48 mg/L dan kekeruhan 84,9 NTU; PAC 150 ppm menghasilkan TSS 34 mg/L dan kekeruhan 61,4 NTU, sedangkan menggunakan Nalcolyte 8100 5 ppm diperoleh TSS 40 mg/L dan kekeruhan 70,6 NTU.
2. Hasil Jar Tes menunjukkan bahwa endapan yang dihasilkan oleh koagulan tawas dan PAC bersifat tidak stabil sebab endapan yang dihasilkan memiliki ukuran partikel yang kecil, sehingga mudah mengalami gangguan dan dibutuhkan waktu yang cukup lama lagi untuk mengendap kembali. Endapan yang dihasilkan oleh koagulan Nalcolyte 8100 memiliki ukuran partikel yang cukup besar sehingga proses pengendapan menjadi lebih cepat dan tidak mudah mengalami gangguan.
3. Penggunaan masing-masing koagulan memerlukan waktu pengerukan atau pembersihan kolam, yaitu tawas (50 ppm) = 4 hari sekali; PAC (150 ppm) = 4 hari sekali ; Nalcolyte 8100 (5 ppm) = 6 hari sekali.
4. Koagulan tawas merupakan koagulan yang sangat efektif bila dilihat dari sisi biaya penggunaan koagulan dibandingkan koagulan PAC dan Nalcolyte 8100. Koagulan Nalco memiliki kemampuan yang sangat baik untuk mengendapkan padatan tersuspensi, sebab memiliki waktu yang singkat untuk proses pengendapan, tidak membutuhkan penetralan pH dan endapan yang dihasilkan PAC memiliki ukuran partikel yang besar sehingga endapannya stabil.

Daftar Pustaka

- Asdak, C., *Hidrologi Lingkungan*, UGM Press, Yogyakarta, 2002.
- Qasim, S. R.; Motley, E. M.; Zhu G., *Water Works Engineering Planning, Desain and Operation*; Prentice Hall: USA, 2000.
- Davis, M. L.; Cornwell, D. A., *Introduction to Environmental Engineering*, 3rd Edition, McGraw Hill, Singapore, 2006.

Gautama, R. S., *Sistem Penyaliran Tambang*, FTM-ITB, Bandung, 1999.

Gozan, M.; Supramono, D., *Pengolahan Air untuk Utilitas Pabrik*, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, 2006.

Kemmer, F. N., *The Nalco Water Handbook*, 3rd Edition, McGraw Hill, USA, 2002.

Satterfield, Z. P. E., *JarTest, Tech Brief*, http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/articles/ot/SP05/TB_JarTest.pdf (akses Juli 2005)