

Efektifitas Pengolahan Limbah Cair Industri Asbes Menggunakan Flokulan Dan Adsorben

Effectiveness Of Asbestos Waste Processing Industry Using Flocculants And Adsorbents

Rieke Yuliasuti

Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya

Kementerian Perindustrian

Surabaya, Indonesia

riekeyuliasuti@yahoo.com

Handaru Bowo Cahyono

Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya

Kementerian Perindustrian

Surabaya, Indonesia

handaru_bc@yahoo.com

Abstrak— Telah dilakukan penelitian pengolahan limbah dari Industri berbahan asbes dengan cara menambahkan flokulan ataupun adsorben. Variabel flokulan yang diambil untuk pengolahan limbah adalah Al_2SO_4 /tawas, $FeSO_4$, dan PAC, sedangkan variabel adsorben menggunakan Karbon aktif dan Zeolit. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan flokulan tawas sebesar 1000 mg/l lebih efektif hingga efisiensi penurunan COD sebesar 79%, TDS sebesar 58 %, TSS sebesar 98% dengan biaya pengolahan sebesar Rp 102,685 /liter limbah.

Kata Kunci— industri asbes, limbah cair, flokulan, adsorben

Abstract— *Research on Waste treatment from asbestos industry by adding flocculant or adsorbent has been conducted in this study. Flocculant variables taken for waste treatment were Al_2SO_4 / alum, $FeSO_4$, and PAC, while the adsorbent variable used were Activated Carbon and Zeolite. The results showed that the addition of 1000 mg / l is more effective up to the efficiency of COD decrease of 79%, TDS decrease of 58% and TSS decrease to 98%, respectively, with processing cost of IDR 102,685 / liter of wastewater.*

Keywords— *asbestos industry, wastewater, adsorben, flocculant*

I. PENDAHULUAN

Asbes merupakan salah satu bahan bangunan yang dalam prosesnya menggunakan bahan krisotil, semen, serat selulosa, dan air dalam komposisi yang tepat, kemudian dihamparkan dengan *hatcheck machine*. Selanjutnya dibentuk menjadi lembaran rata atau gelombang kemudian lembaran yang terbentuk diletakkan diatas cetakan dan dibiarkan sampai kering sampai menjadi produk jadi.

Industri asbes dalam prosesnya membutuhkan air untuk membentuk *slurry* dari pencampuran bahan namun pada proses *pressing* dan pencetakan bahan air tersebut harus dikeluarkan dari produk sehingga keluar sebagai air limbah. Sebagai contoh industri asbes di Malang menghasilkan air limbah mencapai 20 m³ / shift / unit mesin. Pada Industri asbes, air limbah tersebut akan dibiarkan dalam sebuah kolam sehingga meresap ke dalam tanah. Sesuai dengan UU no 32 tahun 2009^[1] bahwa semua industri yang

mengeluarkan limbah harus mengolah limbahnya maka seharusnya industri asbes hendaknya demikian. Pengolahan limbah yang dimaksud bukan hanya membiarkan air limbah meresap ke tanah dikarenakan akan mencemari tanah disekitarnya lebih lanjut akan mengganggu kualitas air bawah tanah. Air limbah hanya boleh dibuang ke lingkungan jika telah memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan sesuai dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2012, bagi industri krisotil standart baku mutunya mengacu pada Baku Mutu Air Limbah Golongan II untuk Kegiatan Industri Lainnya yang belum ditetapkan^[2].

Tujuan utama pengolahan air limbah ialah untuk mengurai kandungan bahan pencemar di dalam air terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di alam^[3]. Berdasarkan cara pengolahannya maka sistem pengolahan limbah dibagi menjadi pengolahan limbah secara fisika, kimia dan biologi.

Dilihat dari bahan baku dan proses produksinya, tentunya limbah cair yang dihasilkan mengandung zat organik tinggi namun beracun, logam berat dan partikel yang tidak mudah mengendap sehingga pengolahan limbah yang cocok adalah secara fisik-kimia. Pada pengolahan limbah secara kimia, prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi - reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.

TABEL I. HASIL KARAKTERISTIK LIMBAH INDUSTRI ASBES

Parameter	Satuan	Output Proses Produksi	Baku Mutu Gol II
TDS	mg/L	9455	4000
TSS	mg/L	15315	400
BOD	mg/L	212	150
COD	mg/L	1408	300
PH	-	12	6-8

Sumber : analisa lab. Baristand, 2015

Pada proses pengolahan limbah secara kimia, yang umum digunakan adalah proses koagulasi & flokulasi, serta adsorpsi. Koagulasi bertujuan untuk membuat gumpalan-gumpalan yang lebih besar dengan penambahan bahan-bahan kimia, misalnya Al_2SO_4 , Fe_2Cl_3 , Fe_2SO_4 , PAC, dan sebagainya. Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok berukuran lebih besar. Proses flokulasi hanya dapat berlangsung bila ada pengadukan. Pengadukan pada proses flokulasi merupakan pemberian energi agar terjadi tumbukan antar partikel tersuspensi dan koloid agar terbentuk gumpalan (*flok*) sehingga dapat dipisahkan melalui proses pengendapan dan penyaringan^[4]. Sedangkan untuk proses adsorpsi adalah peristiwa penyerapan pada permukaan suatu adsorben, misalnya adsorpsi zat padat terhadap gas atau zat cair. Zat yang teradsorpsi disebut sebagai adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben^[5]. Ada berbagai macam adsorben yang umum digunakan diantaranya karbon aktif, zeolit dan lain-lain.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji efektifitas pengolahan limbah industri asbes dengan menggunakan flokulan atau adsorben sehingga dapat ditentukan pengolahan limbah yang tepat untuk industri asbes.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pemilihan flokulan yang sering digunakan oleh masyarakat pada umumnya yaitu Fe_2SO_4 , Al_2SO_4 , PAC, sedangkan adsorben dibatasi pada karbon aktif dan zeolit.

II. BAHAN DAN METODE

Pada pretreatment untuk memisahkan endapan maka limbah diendapkan selama 2 hari kemudian dianalisa karakteristiknya. Filtrat hasil pengendapan kemudian digunakan untuk pengolahan limbah secara kimia. Selanjutnya pelaksanaan penelitian ini tahapan penelitian sebagai berikut :

A. Pengolahan Limbah Cair Secara Kimia Menggunakan Flokulan

Alat :

- Jarrest
- Bekerglass 2 liter

Bahan:

- Al_2SO_4 , Fe_2SO_4 , PAC
- Limbah cair industri asbes PT. XX Malang

Metode penelitian ;

Metode penelitian yang dilakukan adalah secara ekperimental laboratorium. Limbah diolah dengan menggunakan beberapa variasi flokulan yaitu :

- ✓ Al_2SO_4 sebanyak 500, 1000, 1500 mg/l
- ✓ Fe_2SO_4 sebanyak 500, 1000, 1500 mg/l
- ✓ PAC sebanyak 500, 1000, 1500 mg/l

Kecepatan pengaduk awal 120 rpm dengan waktu pengadukan selama 1 menit kemudian dilanjut dengan kecepatan 40 rpm selama 30 menit dan 45 menit. Parameter pencemar yang dianalisa adalah COD (metode uji sesuai SNI 6989.2:2009), TSS (metode uji

sesuai SNI 06-6989.3-2004), TDS (metode uji sesuai SNI 06-6989.27-2005). Dari hasil yang didapatkan, dihitung efisiensi penurunan pencemar limbah sesuai dengan rumus berikut :

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{X_{\text{awal}} - X_{\text{terolah}}}{X_{\text{awal}}} \times 100\%$$

X awal = Parameter Pencemar Inlet (COD/TSS/TDS)

X terolah = Parameter Pencemar terolah (COD/TSS/TDS)

Dari data efisiensi tersebut, dianalisis variabel flokulan terbaik untuk menurunkan parameter pencemar limbah cair.

B. Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Adsorben

Alat :

- Jarrest
- Bekerglass 2 liter

Bahan:

- Karbon aktif, Zeolit sintetis
- Limbah cair industri asbes dari PT. XX Malang

Metode penelitian ;

Metode penelitian yang dilakukan adalah secara ekperimental laboratorium. Limbah diolah dengan mengaduk limbah dengan adsorben, variabelnya sebagai berikut:

- ✓ Karbon aktif sebanyak 50 gr/l , 100 gr/l, 150 gr/l
- ✓ Zeolit sebanyak 50 gr/l , 100 gr/l. 150 gr/l.

Karbon aktif yang digunakan adalah yang mempunyai Iodin number 1000 dan berbentuk bubuk, sedangkan zeolit sebelumnya direndam dengan aquades dan dikeringkan.

Kecepatan pengadukan adalah 60 rpm selama 1 jam dan 2 jam.

Parameter pencemar yang dianalisa adalah COD (metode uji sesuai SNI 6989.2:2009), TSS (metode uji sesuai SNI 06-6989.3-2004), TDS (metode uji sesuai SNI 06-6989.27-2005). Dari hasil yang didapatkan, dihitung efisiensi penurunan pencemar limbah.

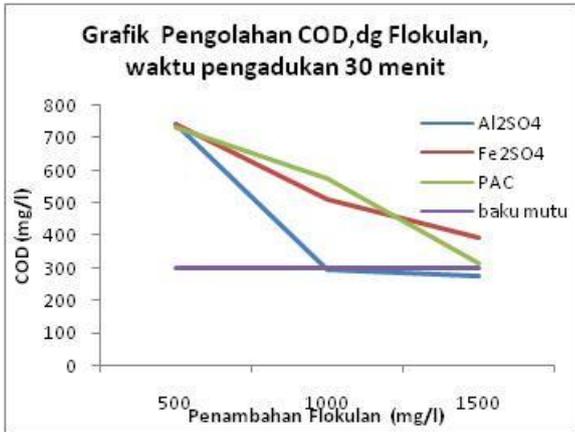
Dari variabel penelitian yang telah dilakukan kemudian dianalisa efisiensi pengolahan dan dibandingkan dari segi ekonominya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

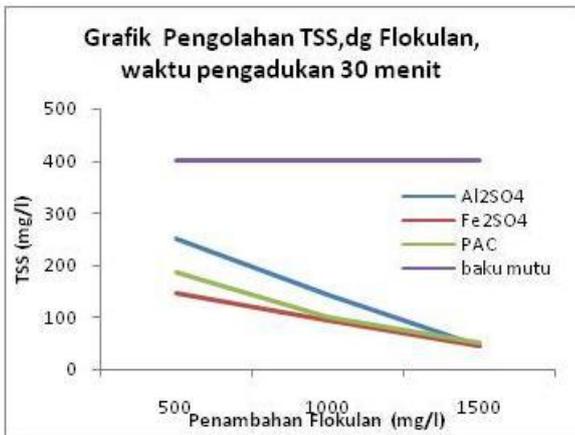
Secara visual air limbah yang keluar dari proses press berwarna coklat, mempunyai pH basa dan mengandung lumpur/padatan. Secara kimiawi, COD limbah > 1000 mg/l, Kesadahan > 1000 mg/l, TDS > 1000 mg/l dan bila ditinjau dari bahan baku yang masuk tentunya limbah tersebut akan mengandung calcium dan magnesium yang relatif tinggi. Dari karakteristik limbah tersebut, maka langkah awal untuk treatment limbah adalah dengan mengendapkan sehingga beban pengolahan selanjutnya tidak terlalu berat. Pengendapan juga bertujuan untuk menghilangkan lumpur/padatan didalamnya. Pengendapan dilakukan selama 2 hari untuk mengurangi TSS. Selanjutnya dilakukan penambahan flokulan atau adsorben.

A. *Pengolahan Limbah Cair dengan Flokulan*

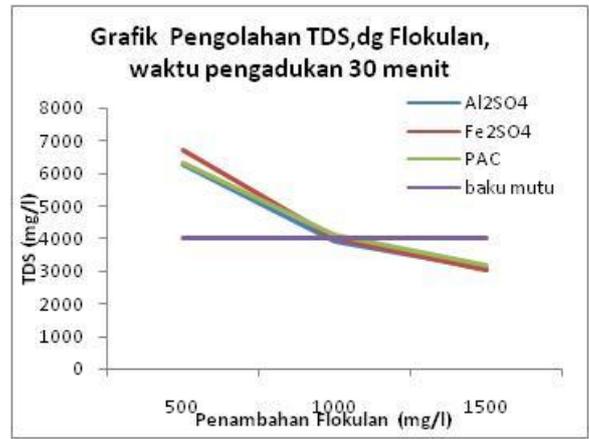
Flokulan yang digunakan adalah Al_2SO_4 , Fe_2SO_4 dan PAC dimana flokulan ini mudah ditemukan dan umum digunakan oleh masyarakat. Sasaran parameter yang diolah, ditujukan pada COD, TDS dan TSS. Variabel yang digunakan adalah waktu pengadukan. Adapun hasil pengolahan dilihat pada Gambar 1 sampai 6 berikut.



Gambar 1. Grafik pengolahan COD dengan Flokulan, waktu Pengolahan 30 menit

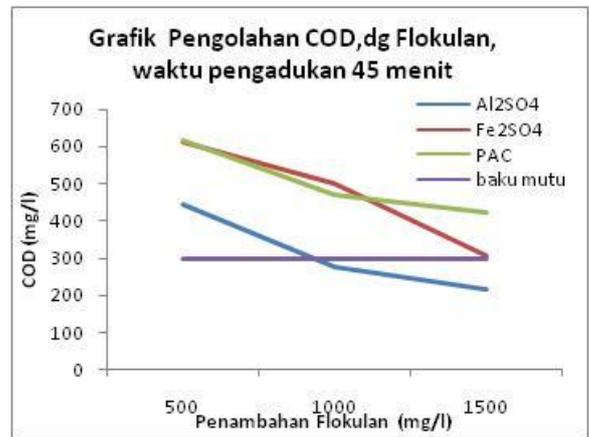


Gambar 2. Grafik pengolahan TSS dengan Flokulan, waktu Pengolahan 30 menit

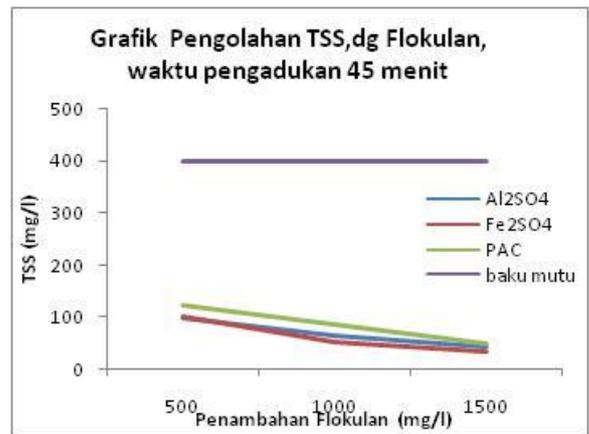


Gambar 3. Grafik pengolahan TDS dengan Flokulan, waktu Pengolahan 30 menit

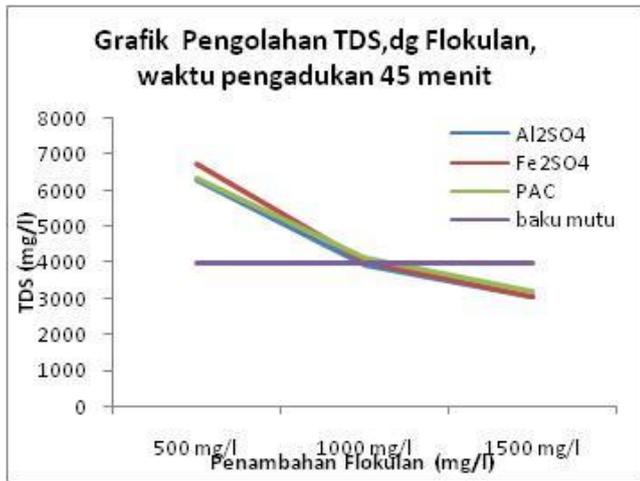
Sedangkan untuk waktu pengolahan 45 menit adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik pengolahan COD dengan Flokulan, waktu Pengolahan 45 menit



Gambar 5. Grafik pengolahan TSS dengan Flokulan, waktu Pengolahan 45 menit



Gambar 6. Grafik pengolahan TDS dengan Flokulan, waktu Pengolahan 45 menit

Pada gambar 1 dan gambar 4 tampak bahwa untuk menurunkan COD maka flokulan yang lebih unggul adalah tawas (Al_2SO_4) dibanding dengan flokulan lainnya. Dilihat dari grafik semua flokulan tampaknya adanya variasi pengadukan yang diperlama tampaknya tidak begitu berpengaruh terhadap hasil akhir pengolahan. Penambahan tawas yang mampu menurunkan COD hingga dibawah baku mutu adalah 1500mg/l saat lama pengolahan 30 menit dan 1000 mg/l serta 1500 mg/l saat lama pengolahan 45 menit.

Adapun efisiensi pengolahan limbah pada parameter COD dapat dilihat pada tabel 2 berikut

TABEL II. PROSENTASE PENGOLAHAN COD AIR LIMBAH

Flokulan	Waktu aduk 30 menit			Waktu aduk 45 menit		
	500m g/l	1000 mg/l	1500 mg/l	500m g/l	1000 mg/l	1500 mg/l
Al_2SO_4	47	79	80	68	80	85
Fe_2SO_4	47	64	72	57	65	78
PAC	48	59	78	56	67	70

Untuk menentukan penambahan tawas paling optimal, didasarkan pada harga tawas serta kebutuhan listrik yang sejalan dengan bertambahnya waktu pengadukan, maka dipilih penambahan tawas sebesar 1500 mg/l dengan lama pengadukan 30 menit.

Pada parameter TSS, semua flokulan mampu menurunkan hingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Efisiensi pengolahan limbah untuk parameter TSS menunjukkan rata-rata.

Adapun efisiensi pengolahan limbah pada parameter TSS dapat dilihat pada tabel 3 berikut .

TABEL III. PROSENTASE PENGOLAHAN TSS AIR LIMBAH

Flokulan	Waktu aduk 30 menit			Waktu aduk 45 menit		
	500m g/l	1000 mg/l	1500 mg/l	500m g/l	1000 mg/l	1500 mg/l
Al_2SO_4	98,20	98,35	99,07	99,36	99,58	99,71
Fe_2SO_4	97,42	99,04	99,39	99,34	99,66	99,77
PAC	97,94	98,78	99,34	99,20	99,43	99,67

Secara visual, limbah cair industri asbes ini akan terbentuk serpihan-serpihan putih dalam jangka waktu tertentu saat diendapkan sebelum proses pengolahan dengan flokulan sehingga pengurangan TSS terjadi.

Pada gambar 3 dan gambar 6 tampak bahwa untuk menurunkan TDS maka saat penambahan flokulan 1000 mg/l dan pengadukan selama 30 menit, maka hanya tawas yang mampu menurunkan TDS hingga memenuhi baku mutu dan selanjutnya dengan meningkatnya penambahan konsentrasi flokulan dan bertambah besarnya waktu pengadukan maka penurunan TDS semakin besar serta dibawah baku mutu.

Adapun efisiensi pengolahan limbah pada parameter TDS dapat dilihat pada tabel 4 berikut .

TABEL IV. PROSENTASE PENGOLAHAN TDS AIR LIMBAH

Flokulan	Waktu aduk 30 menit			Waktu aduk 45 menit		
	500m g/l	1000 mg/l	1500 mg/l	500m g/l	1000 mg/l	1500 mg/l
Al_2SO_4	33,69	58,49	67,60	42,58	60,90	66,65
Fe_2SO_4	28,92	57,62	67,83	35,37	58,80	62,83
PAC	32,99	56,33	66,41	38,35	67,15	68,05

Pada prosentase pengolahan limbah parameter TDS yang paling besar adalah dengan menggunakan PAC sebesar 68,05%, namun tingginya prosentase pengolahan tersebut tidak dibutuhkan dikarenakan baku mutu yang dituju hanya 4000 mg/l. Sehingga prosentase pengolahan limbah yang dituju cukup 60%. Dari grafik pengolahan limbah dan efisiensi maka ditentukan bahwa penambahan tawas sebesar 1000 mg/l dengan lama pengadukan 30 menit adalah kosentrasi dan waktu paling optimal untuk mengolah TDS pada limbah cair industri asbes.

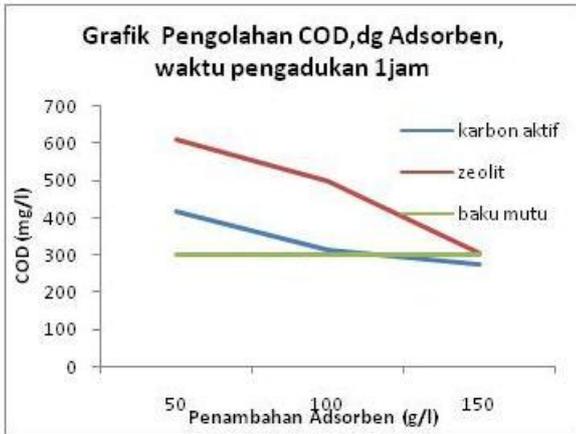
Dianalisa dari segi hasil penurunan yang tidak terlalu beda dari varibel lama pengolahan, harga flokulan dan energi yang dibutuhkan untuk mengolah maka pengolahan limbah cair industri asbes dengan menggunakan flokulan dipilih Al_2SO_4 (tawas) dengan kosentrasi 1000 mg/l waktu pengaadukan 30 menit adalah yang paling optimal.

B. Pengolahan Limbah Cair dengan Adsorben

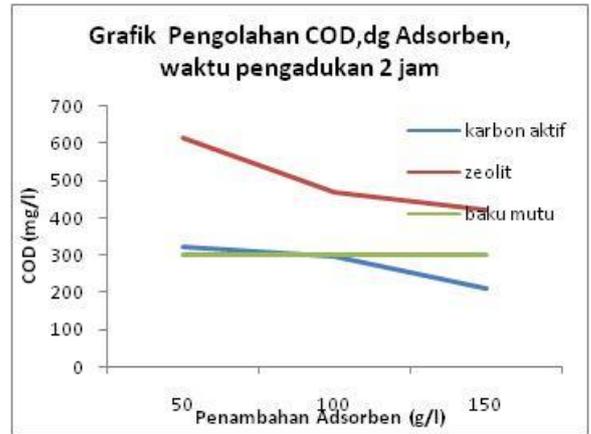
Adsorben yang digunakan adalah karbon aktif dan zeolit, dimana adsorben ini mudah ditemukan dan umum digunakan oleh masyarakat. Sasaran parameter yang diolah,

ditujukan pada COD, TDS dan TSS. Variabel yang digunakan adalah waktu pengadukan. Adapun hasil pengolahan dilihat pada Gambar 7 sampai 13 berikut :

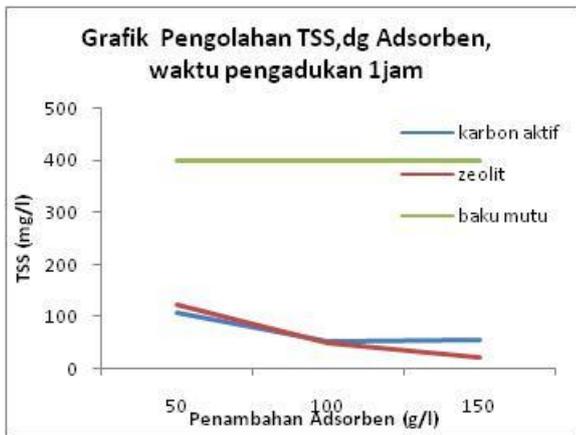
Sedangkan untuk waktu pengolahan 2 jam adalah sebagai berikut :



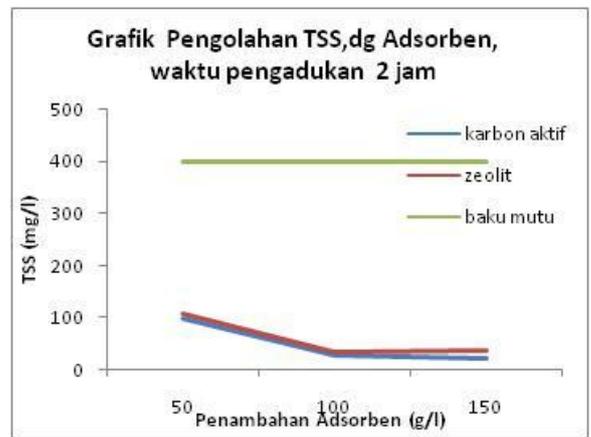
Gambar 7. Grafik pengolahan COD dengan Adsorben, waktu Pengolahan 1 jam



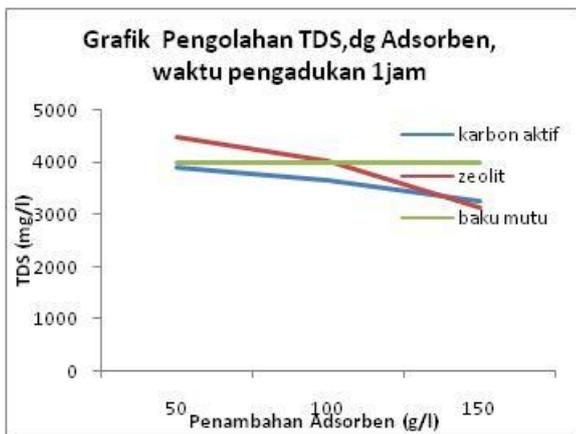
Gambar 10. Grafik pengolahan COD dengan Adsorben, waktu Pengolahan 2 jam



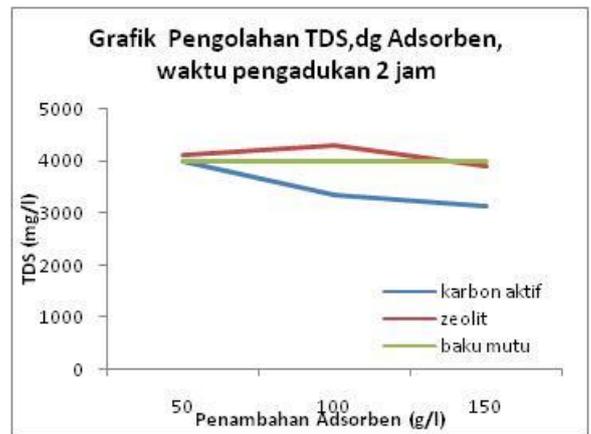
Gambar 8. Grafik pengolahan TSS dengan Adsorben, waktu Pengolahan 1 jam



Gambar 11. Grafik pengolahan TSS dengan Adsorben, waktu Pengolahan 2 jam



Gambar 9. Grafik pengolahan TDS dengan Adsorben, waktu Pengolahan 1 jam



Gambar 12. Grafik pengolahan TDS dengan Adsorben, waktu Pengolahan 2 jam

Pada gambar 7 dan gambar 10 tampak bahwa untuk menurunkan COD maka adsorben yang lebih unggul adalah karbon aktif dibanding dengan adsorben lainnya.

Adapun efisiensi pengolahan limbah pada parameter COD dapat dilihat pada tabel berikut

TABEL V. PROSENTASE PENURUNAN COD AIR LIMBAH

Adsorben	Waktu olah 1 jam			Waktu olah 2 jam		
	50 g/l	100 g/l	150 g/l	50 g/l	100 g/l	150 g/l
Karbon aktif	70,45	77,56	80,33	77,20	78,91	85,01
Zeolit	45,81	61,43	70,10	50,43	66,83	78,34

Adanya lama pengadukan ternyata tidak seberapa memberikan pengaruh terhadap hasil akhir pengolahan. Bila dihitung dari lamanya pengadukan dan energi listrik yang dihabiskan maka, konsentrasi karbon aktif sebesar 150 g/l dan waktu pengadukan selama 1 jam.

Pada parameter TSS, semua adsorben mampu menurunkan hingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

TABEL VI. PROSENTASE PENURUNAN TSS AIR LIMBAH

Adsorben	Waktu olah 1 jam			Waktu olah 2 jam		
	50 g/l	100 g/l	150 g/l	50 g/l	100 g/l	150 g/l
Karbon aktif	99,30	99,65	99,63	99,36	99,82	99,86
Zeolit	99,19	99,69	99,86	99,29	99,78	99,77

Pada parameter TDS, pengolahan dengan karbon aktif tampaknya lebih unggul daripada zeolit. Adapun efisiensi pengolahan limbah pada parameter TDS dapat dilihat pada tabel berikut

TABEL VII. PROSENTASE PENURUNAN TDS AIR LIMBAH

Adsorben	Waktu olah 1 jam			Waktu olah 2 jam		
	50 g/l	100 g/l	150 g/l	50 g/l	100 g/l	150 g/l
Karbon aktif	58,84	61,31	65,45	57,84	64,55	66,97
Zeolit	52,55	57,42	66,97	56,38	54,68	58,70

Dengan menggunakan karbon aktif dengan konsentrasi karbon aktif 50 g/l dan waktu pengadukan selama 1 jam telah dapat menurunkan TDS hingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Sedangkan penurunan dengan menggunakan zeolit membutuhkan konsentrasi yang lebih tinggi untuk memenuhi baku mutu dibandingkan dengan karbon aktif.

Dianalisa dari segi hasil penurunan yang tidak terlalu beda dari variabel lama pengolahan, harga adsorben dan energi yang dibutuhkan untuk mengolah maka pengolahan limbah cair industri asbes dengan menggunakan

adsorben dipilih karbon aktif dengan konsentrasi 150 g/l waktu pengadukan 1 jam adalah yang paling optimal.

C. Perhitungan Biaya Pengolahan Limbah

Pada penelitian skala laboratorium :

- Daya pengaduk = 110 watt
- Volume air limbah yang diolah = 1 liter
- Harga tawas (Al₂SO₄) = Rp.22.000/kg
- Harga karbon aktif = Rp. 8.000/kg

Maka pengolahan dengan menggunakan tawas (Al₂SO₄) sesuai dengan konsentrasi 1000mg/l selama 30 menit membutuhkan biaya:

- a. Harga kebutuhan tawas
 = 1 gram x Rp. 22.000 /kg
 = 0.001 kg x Rp. 22.000 /kg
 = Rp. 22
 - b. Harga listrik
 = 110 watt x 30 menit x Rp 1467 /kwh
 = 0.11 kw x 0,5 h x Rp 1467 /kwh
 = Rp. 80,685
- Total Harga Pengolahan menggunakan tawas
 = Rp. 22 + Rp. 80,685
 = Rp. 102,685

Sedangkan pengolahan dengan menggunakan adsorben (karbon aktif) dengan konsentrasi 150g/l selama 1 jam membutuhkan biaya:

- a. Harga kebutuhan tawas
 = 150 gram x Rp. 8.000 /kg
 = 0.15 kg x Rp. 8.000 /kg
 = Rp. 1200
 - b. Harga listrik
 = 110 watt x 60 menit x Rp 1467 /kwh
 = 0.11 kw x 1 h x Rp 1467 /kwh
 = Rp. 161,37
- Total Harga Pengolahan menggunakan tawas
 = Rp. 1200 + Rp. 161,37
 = Rp. 1361,37

IV. KESIMPULAN

Limbah cair industri asbes dapat diolah dengan penambahan flokulan dan adsorben. Dari Flokulan yang digunakan yaitu Al₂SO₄/tawas, FeSO₄, dan PAC yang lebih unggul adalah tawas. Dari hasil penelitian didapatkan dosis optimum penambahan flokulan tawas sebesar 1000 mg/l dengan waktu pengolahan 30 menit dan waktu pengadukan 30 menit sehingga efisiensi penurunan COD sebesar 79%, TDS sebesar 58 %, dan TSS 98%. Sedangkan dari adsorben yang digunakan yaitu karbon aktif dan zeolit, yang lebih unggul adalah karbon aktif. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa dosis optimum tawas adalah 150 g/l dengan waktu pengolahan selama 1 jam sehingga efisiensi penurunan COD sebesar 80%, TDS sebesar 65 %, dan TSS 99%. Apabila dibandingkan dari segi biaya pengolahan maka pengolahan limbah menggunakan tawas lebih unggul

daripada karbon aktif dengan biaya pengolahan tawas adalah Rp.102,685/ liter limbah cair industri asbes.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, Undang Undang Republik Indonesia No.32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Kementrian Hukum dan Hak Asasi Manusia, Republik Indonesia, 2009.
- [2] Anonim, Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013.
- [3] Eddy Metcalf, Wastewater Engineering Treatment dan Reuse, McGraw-Hill, Inc. New York, 2001
- [4] Reynold, TonD. Dan Richards, Paul A., Unit Operations dan Processes in Environmental Engineering, 2nd editions, PWS Publishing Company, Boston. 1996.
- [5] Dewa RM, Adsorpsi Fluidisasi Cu(II) Menggunakan Khitosan-Urea dengan Penambahan Karboksimetil Selulosa (CMC) dan Glutaraldehyd, Laporan Tugas Akhir, 2011, Universitas Airlangga, Program Studi S1 Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Sains dan teknologi Universitas Airlangga.
- [6] Jannatin Derifa R, Razif dan Mursid, Uji Efisiensi Removal Adsorpsi Arang Batok Kelapa Untuk Mereduksi Warna dan Permanganat Value Dari Limbah Cair Industri Batik, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Lingkungan, ITS Surabaya, 2011.
- [7] Nurlita, dkk, Efektivitas Penggunaan Tawas dan Karbon Aktif Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu, Prosiding SEMIRATA, bidang MIPA BKS-PTN Barat, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Hal 690-699, 2015.
- [8] Nugroho Wahyu dan Purwoto S, Removal Klorida, TDS dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif, Jurnal Teknik Waktu Vol. 11 No. 01 Januari 2013.
- [9] Wardani Eka, Dirgawati, dan Dadan, Penentuan Jenis dan Dosis Koagulan dalam Mengolah Air Limbah Industri Penyamakan Kulit, http://lib.itenas.ac.id/kti/wp-content/uploads/2014/04/Penentuan-Jenis-dan-Dosis-Koagulan-dalam-Mengolah-Air-Limbah-Industri-Penyamakan-Kulit_noPW.pdf, diakses tgl 10-10-2017.