

PENENTUAN DOSIS OPTIMUM KOAGULAN BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus Indica L*) DALAM PENURUNAN TSS DAN COD LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DI KOTA MALANG

Evy Hendriarianti, Humairoh Suhastr
Program Studi Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang

ABSTRAKSI

*Limbah cair industri penyamakan kulit yang mengandung koloid dapat menimbulkan kekeruhan pada badan air. Salah satu alternatif pengolahannya menggunakan proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi. Penggunaan koagulan kimia telah banyak digunakan dalam proses pengolahan air, seperti alum dan PAC. Keterbatasan dalam penggunaan koagulan kimia ini adalah menghasilkan lumpur/endapan yang masih mempunyai unsur kimia yang dapat membahayakan lingkungan bila dibuang langsung. Dari keterbatasan koagulan kimia ini, muncul alternatif penggunaan koagulan biologi yang berasal dari tanaman, salah satunya Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*).*

*Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis optimum Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai koagulan dalam proses penurunan TSS dan COD dalam limbah cair industri penyamakan kulit. Variasi dosis sebesar 1,5; 2,5; dan 3,5 gr/lit pada reaktor koagulasi dengan kecepatan putaran 200 rpm selama 1 menit, flokulasi dengan kecepatan putaran 20 rpm selama 30 menit dan sedimentasi selama 60 menit. Metode analisis untuk mengetahui nilai konsentrasi COD dan TSS berturut-turut adalah closed reflux titrimetric dan gravimetri. Hasil penelitian menunjukkan penurunan TSS dan COD tertinggi pada dosis 3,5 gr/lit dengan besar penurunan berturut-turut sebesar 83,3% dan 92,2%.*

Kata Kunci: *Tamarindus Indica L*, Dosis Biokoagulan, COD dan TSS, Limbah Penyamakan Kulit.

PENDAHULUAN

Limbah cair industri penyamakan kulit yang mengandung koloid dapat menimbulkan kekeruhan pada badan air. Salah satu alternatif pengolahannya menggunakan kombinasi dari proses kimia dan fisik dengan proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi.

Metode pengolahan koagulasi-flokulasi yang dikombinasikan dengan sedimentasi merupakan metode yang sudah lama digunakan untuk

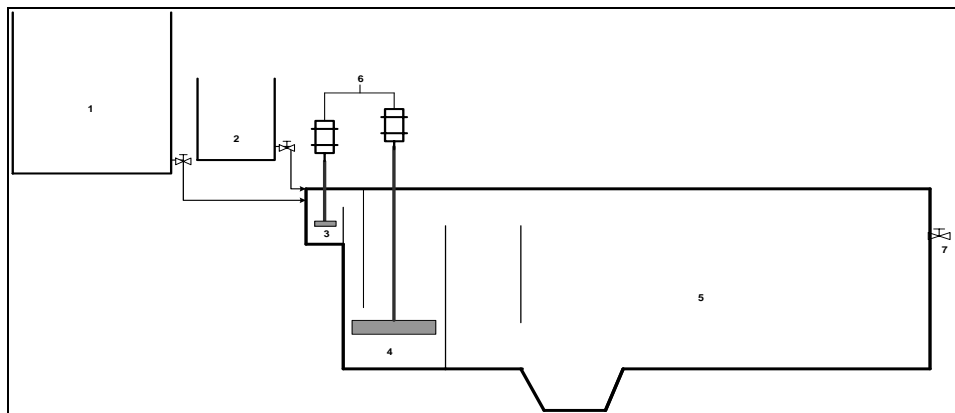
menurunkan kekeruhan, baik pada air limbah maupun air baku. Penggunaan koagulan kimia telah banyak digunakan dalam proses pengolahan air, seperti *alum* dan *PAC*. Keterbatasan penggunaan koagulan kimia ini menghasilkan lumpur/endapan yang masih mempunyai unsur kimia yang dapat membahayakan lingkungan bila dibuang langsung. Disamping itu, juga bisa mempengaruhi pH air. Dari keterbatasan koagulan kimia ini, muncul alternatif penggunaan koagulan biologi yang berasal dari tanaman, salah satunya adalah Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*).

Biji Asam Jawa mengandung senyawa tanin, minyak esensial, serta polimer alami seperti pati, getah, perekat, alginate, dan lain-lain. Tanin adalah senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Rosydah, 2008). Minyak esensial merupakan minyak aromatik yang dapat mengurangi bau yang tidak sedap (Rosydah, 2008), sedangkan polimer alami seperti albuminoid, pati, dan getah berfungsi sebagai koagulan yang berperan dalam pengumpulan partikel-partikel air (Rosydah, 2008).

Bertolak dari hal tersebut di atas, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan dosis optimum Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai koagulan dalam proses penurunan TSS dan COD dalam limbah cair industri penyamakan kulit.

METODOLOGI PENELITIAN

Reaktor Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi



Gambar 1.
Sketsa Alat Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi

Keterangan:

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 1. Bak Penampung Limbah | 5. Bak Sedimentasi |
| 2. Bak Penampung Koagulan | 6. Motor Pengaduk |
| 3. Bak Koagulasi | 7. Outlet |
| 4. Bak Flokulasi | |

Variabel Penelitian

- Variabel terikat : - TSS
- COD
- Variabel kontrol : pH (pH diukur setiap 60 detik sekali)
- Variabel tetap : - ukuran mesh serbuk Biji Asam Jawa 150 mm
- kecepatan pengadukan cepat 200 rpm
- kecepatan pengadukan lambat 20 rpm
- waktu pengadukan cepat 1 menit
- waktu pengadukan lambat 30 menit
- waktu pengendapan 60 menit
- Variabel bebas : - dosis koagulan biji asam 1,5; 2,5; 3,5 gr/lit

Sampel dan Bahan

Sampel limbah yang digunakan adalah limbah cair asli yang berasal dari salah satu industri penyamakan kulit di Kota Malang, sedangkan koagulan untuk proses koagulasi menggunakan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*). Bahan koagulan dibuat dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Buah Asam Jawa yang digunakan untuk penelitian diambil yang masak pohon, kering, dan berwarna coklat tua.
2. Buah Asam Jawa diambil bijinya yang berwarna coklat kehitaman.
3. Biji Asam Jawa yang digunakan untuk penelitian dijemur selama \pm 1 hari hingga Biji Asam Jawa bisa dikuliti. Penjemuran ini dilakukan untuk memudahkan ketika Biji Asam Jawa ditumbuk.
4. Biji Asam Jawa dikuliti dan ditumbuk.
5. Biji Asam Jawa yang hancur menjadi serbuk kasar diayak untuk mendapatkan serbuk biji asam yang halus dengan ukuran mesh 150 mm.
6. Serbuk Biji Asam Jawa di-oven pada suhu 105⁰C selama 30 menit untuk menghomogenkan dan menurunkan kadar airnya.
7. Membuat larutan Biji Asam Jawa dengan konsentrasi sesuai dosis yang dipakai dalam peneitian (1,5; 2,5; 3,5 gr/lit) dengan penambahan aquadest.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Penyamakan Kulit

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui konsentrasi awal pencemar di dalam limbah industri penyamakan kulit. Hasil dari analisis pendahuluan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1.
Nilai Konsentrasi Awal Limbah Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Nilai	Baku Mutu*
pH	4,11	6-9
<i>Total Suspended Solids (TSS)</i>	1200 mg/l	200
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	993,3 mg/l	100

Sumber: Hasil Analisis

*) Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Lampiran II

Dari tabel 1 diatas, dapat disimpulkan bahwa air limbah industri penyamakan kulit mempunyai parameter pH, TSS dan COD yang tidak sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Dari ketiga parameter kualitas tersebut di atas, limbah penyamakan kulit bersifat asam, mengandung kadar solid tersuspensi yang tinggi, dan kandungan bahan organik *non biodegradable*-nya juga tinggi.

Parameter TSS

Selanjutnya berikut ini dapat dilihat konsentrasi akhir TSS pada limbah cair penyamakan kulit setelah diproses dengan metode koagulasi-flokulasi-sedimentasi menggunakan koagulan Biji Asam Jawa dalam 3 (tiga) variasi dosis.

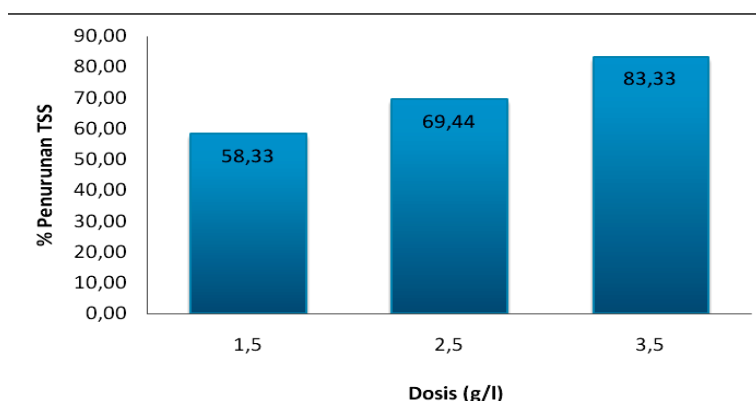
Tabel 2.
Nilai Konsentrasi Akhir Total Suspended Solids (TSS)

Dosis Koagulan (gr/lt)	Konsentrasi TSS (mg/lt)
1,5	500
2,5	366,67
3,5	200

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan Tabel 2 tersebut di atas dapat diketahui bahwa konsentrasi TSS terendah sebesar 200 mg/lt terdapat pada perlakuan dosis koagulan 3,5 gr/lt, sedangkan nilai konsentrasi kandungan TSS tertinggi sebesar 500 mg/lt terdapat pada perlakuan dosis koagulan 1,5 gr/lt.

Dari konsentrasi akhir TSS dapat dihitung persentase penurunan TSS, dimana penambahan dosis 3,5 gr/lt menghasilkan penurunan TSS yang tertinggi seperti pada grafik di bawah ini.



Gambar 1.
Grafik Penurunan Konsentrasi TSS

Dari grafik dapat dilihat bahwa persentase penurunan kandungan TSS terus meningkat seiring dengan penambahan dosis koagulan, dimana penurunan konsentrasi TSS tertinggi sebesar 83,33% pada dosis koagulan 3,5 gr/l.

Dari hasil analisis korelasi antara variabel penurunan TSS dengan variabel dosis koagulan (Tabel 3 di bawah) diperoleh nilai *pearson correlation* sebesar 0,925. Hal ini berarti hubungan korelasinya sangat kuat sekali karena berada antara 0,91 – 0,99. Tanda positif pada nilai *pearson correlation* menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel bersifat searah, artinya semakin besar dosis maka semakin besar persentase penurunan TSS dan sebaliknya. Nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,008 (<0,05), artinya hubungan korelasi signifikan untuk tingkat signifikansi (α) 1%.

Tabel 3.
Analisis Korelasi antara Persentase Penurunan TSS dan Dosis Koagulan

		%penurunan TSS	Dosis
% penurunan TSS	Pearson Correlation	1	.925**
	Sig. (2-tailed)		.008
	N	3	3

Sumber: Hasil Analisis

Hasil uji ANOVA persentase penyisihan TSS menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,02 (<0,05), artinya perlakuan variasi dosis memberikan hasil penurunan TSS yang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Begitu juga dari nilai F output sebesar 48,91 (F output > F tabel) juga memberikan hasil yang sama.

Dengan menghitung SS (*sum of squares*) dari Tabel 4 di bawah dapat diketahui besarnya pengaruh variasi dosis (*explained variance*) dan komponen luar yang tidak dijelaskan dalam model (*unexplained variance*) (Agus Sujianto, 2009). Hasil analisis varian sebagai berikut:

- *Explained variance* untuk variasi dosis adalah $\frac{504,033}{577,258} = 82,31\%$
- *Unexplained variance* $\frac{10,305}{577,258} = 0,017\%$

Tabel 4.
Analisis ANOVA antara Variasi Dosis Koagulan Terhadap Persentase Penyisihan TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	566.954 ^a	3	188.985	36.680	.027
Intercept	27037.279	1	27037.279	5.248E3	.000
Dosis (X ₁)	504.033	2	252.016	48.914	.020
Error	10.305	2	5.152		
Total	27614.537	3			
Corrected Total	577.258	2			

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil perhitungan *SS explained* diketahui bahwa variasi dosis mempunyai pengaruh terbesar terhadap persentase penurunan TSS, yakni sebesar 82,31%. Adapun pengaruh lain di luar model sangat kecil, yaitu sebesar 0,017%.

Koagulan Biji Asam Jawa berfungsi mengikat partikel TSS yang tidak bisa mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Kemampuan Biji Asam dalam menurunkan TSS terdapat pada kemampuan absorpsi dan netralisasi muatan koloid. Pada umumnya, partikel-partikel tersuspensi/koloid dalam air buangan bermuatan listrik negatif. Adanya muatan-muatan pada permukaan partikel koloid menyebabkan pembentukan medan elektrostatis di sekitar partikel tersebut, sehingga menimbulkan gaya tolak-menolak. Selain itu, terdapat gaya tarik-menarik antara dua partikel (gaya Van der Waals) yang signifikan pada jarak yang sangat kecil (sekitar satu mikron). Selama tidak ada hal yang mempengaruhi kesetimbangan muatan-muatan listrik partikel koloid, gaya tolak-menolak yang dimiliki selalu lebih besar daripada gaya tarik-menarik. Akibatnya, partikel koloid tetap dalam keadaan stabil (Farooq dan Velioglu, 1989 dalam Enrico, 2008). Kandungan aktif dalam biji asam (*Tamarindus Indica L*) yang bersifat positif bersumber dari polimer yang dapat bereaksi dengan partikel bermuatan negatif dalam limbah melalui mekanisme jembatan partikel yang mengabsorpsi muatan negatif koloid selama proses flokulasi (Enrico, 2008).

Menurut Davis and Cornwell (1991) dalam Enrico (2008) bahwa *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan zat padat tersuspensi bersifat organik

dan anorganik yang pada proses penyisihannya dipengaruhi oleh terbentuknya flok-flok menjadi ukuran yang lebih besar (flokulasi) dan proses pengendapan (sedimentasi) serta desain bak sedimentasi reaktor. Hal lain yang berpengaruh pada terhadap penyisihan TSS adalah pengaruh waktu proses yaitu semakin lama waktu yang diterapkan semakin optimal pula penyisihannya.

Pengaruh sedimentasi terhadap optimumnya penurunan partikel koloid terlihat pada penelitian Amdani (2004) yang memvariasikan kedalaman bak sedimentasi (30, 90, dan 150 cm) dimana kedalaman optimum adalah 150 cm yang mampu menurunkan 92,21% kekeruhan. Rahayu (2011) memvariasikan waktu sedimentasi (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 menit) dengan waktu optimum 60 menit mampu menurunkan 99,1% kekeruhan.

Hasil penyisihan kadar TSS limbah penyamakan kulit dalam penelitian ini mencapai 200 mg/l atau sebesar 83,3% dengan dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 3,5 g/l pada kecepatan putaran 20 rpm sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 sebesar 200 mg/l.

Oleh karena kemampuan reaktor ini dalam menurunkan TSS hingga dapat memenuhi baku mutu limbah cair berarti pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi-sedimentasi dapat dijadikan sebagai pengolahan utama.

Parameter COD

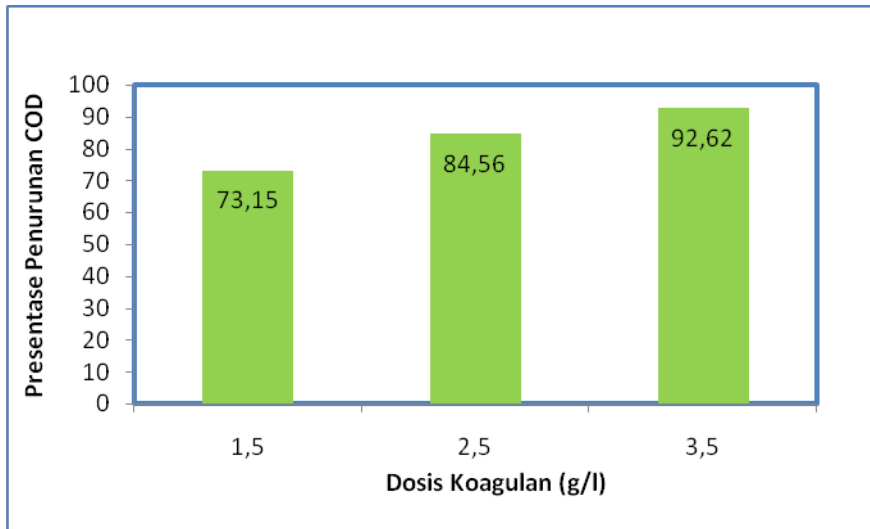
Nilai konsentrasi akhir COD yang diperoleh dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.
Nilai Konsentrasi Akhir *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi COD (mg/l)
1,5	266,67
2,5	153,33
3,5	73,33

Sumber: Hasil Analisis

Dari konsentrasi akhir COD dapat dihitung persentase penurunan COD, dimana penambahan dosis 3,5 gr/l menghasilkan penurunan COD yang tertinggi seperti pada grafik di bawah ini.



Gambar 2.
Grafik Persentase Penurunan Kandungan COD

Dari Gambar 2 di atas, didapatkan persentase penurunan kandungan COD berkisar antara 73,15% - 92,62%. Persentase penurunan kandungan COD tertinggi terjadi pada perlakuan dosis koagulan 3,5 gr/lit, sedangkan persentase penurunan kandungan COD terendah terjadi pada perlakuan dosis koagulan 1,5 gr/lit.

Hasil analisis korelasi antara variabel dosis terhadap persentase penurunan COD dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.
Korelasi antara Persentase Penurunan TSS, Persentase Penurunan COD, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan

		%penurunan COD	Dosis
%penurunan COD	Pearson Correlation	1	.849
	Sig. (2-tailed)		.033
	N	3	3

Sumber: Hasil Analisis

Nilai *pearson correlation* antara dosis koagulan terhadap persentase penurunan COD sebesar 0,849. Hal ini berarti hubungan korelasinya sangat kuat karena berada antara 0,71 – 0,90. Tanda positif pada nilai *pearson correlation* menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel bersifat searah. Artinya, semakin besar dosis koagulan, maka semakin besar persentase penurunan COD dan sebaliknya. Nilai signifikansi yang diperoleh

sebesar 0,033 ($<0,05$), artinya hubungan korelasi signifikan untuk tingkat signifikansi (α) 5%.

Hasil uji ANOVA persentase COD dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7.
Analisis ANOVA antara Variasi Dosis Koagulan Terhadap Persentase Penurunan COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	943.835 ^a	3	314.612	11.063	.084
Intercept	36053.002	1	36053.002	1.268E3	.001
Dosis (X_1)	733.083	2	366.542	12.889	.072
Error	56.876	2	28.438		
Total	37053.713	3			
Corrected Total	1000.712	2			

Dari Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa variasi dosis dengan nilai signifikansi sebesar 0,072 ($>0,05$) menunjukkan perbedaan persentase penurunan COD yang tidak signifikan. Diperoleh nilai F output sebesar 12,889 (F output $<$ F tabel) artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan COD pada variasi dosis.

Dari hasil perhitungan SS explained diketahui bahwa variasi dosis mempunyai pengaruh terhadap persentase penurunan COD sebesar 36,63%.

Koagulan biji asam (*Tamarindus Indica L*) ditambahkan pada saat koagulasi, dimana tujuan dari koagulasi adalah untuk mengurangi stabilitas partikel-partikel penyebab COD dengan penambahan koagulan yang mempunyai muatan berlawanan melalui pengadukan cepat (*mixing*) (Masduqi dan Slamet, 2002). Kemampuan Biji Asam dalam menurunkan COD terdapat pada kemampuan absorpsi dan netralisasi muatan koloid.

Berbeda dengan TSS, penyisihan COD terjadi akibat proses kimia saat koagulan berikatan dengan partikel penyebab COD (proses koagulasi), juga dipengaruhi oleh proses flotasi. Proses flotasi menyebabkan terjadinya turbulensi pada limbah yang membantu meningkatkan suplai oksigen (Masduqi dan Slamet, 2002). Suplai oksigen merupakan faktor yang sangat berperan dalam penurunan konsentrasi COD (Alaerts dan Santika, 1987).

Hal tersebut didukung oleh Enrico (2008) yang menggunakan koagulan biji asam (*Tamarindus Indica L*) pada limbah tahu dengan dosis 3 gr/lit, kecepatan putaran flokulasi 40 rpm selama 12 menit yang mampu menurunkan COD sebesar 22,40%, sedangkan penelitian serupa oleh Saefudin (2009) dengan waktu flokulasi 18 menit mampu menurunkan COD sebesar 46,39%. Wahyuni (2006) menggunakan variasi waktu flokulasi 20 dan 30 menit dalam menurunkan kandungan organik menunjukkan hasil

yang lebih optimum pada waktu 30 menit. Hal tersebut berarti waktu flokulasi mempengaruhi efisiensi penyisihan karena semakin lama waktu, suplai oksigen yang masuk akan semakin banyak.

Jika dibandingkan dengan penyisihan TSS, persentase COD menunjukkan angka yang lebih besar. Penyisihan COD yang tinggi menunjukkan optimumnya proses koagulasi pada penelitian ini, yaitu saat pencampuran koagulan, sehingga partikel organik dan anorganik penyebab COD mampu diikat secara optimum oleh koagulan dan selanjutnya diendapkan pada bak sedimentasi.

Besarnya nilai penurunan persentase COD dibandingkan dengan TSS juga disebabkan karena COD dan TSS sama-sama mengandung zat organik. Sama halnya dengan TSS, partikel organik penyebab COD diikat oleh koagulan berdasarkan sifat elektrostatis dimana muatan partikel organik yang bersifat negatif mampu diikat oleh polimer yang bersifat positif yang terkandung dalam Biji Asam Jawa.

Hasil penyisihan kadar COD limbah penyamakan kulit dalam penelitian ini mencapai 73,33 mg/l atau sebesar 92,62% dengan dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 3,5 g/l pada kecepatan putaran 20 rpm sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002 sebesar 100 mg/l.

Oleh karena kemampuan reaktor ini dalam menurunkan COD hingga dapat memenuhi baku mutu limbah cair, berarti pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi-sedimentasi dapat dijadikan sebagai pengolahan utama.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) adalah 3,5 gr/l pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm. Tingkat penurunan TSS dan COD limbah penyamakan kulit masing-masing sebesar 83,3% dan 92,2%.

Konsentrasi akhir TSS dan COD yang dihasilkan pada penelitian ini sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, S.S. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Anonim, 2006. *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Penyamakan Kulit*. Jakarta: Badan Pengendali Dampak Lingkungan Hidup.

- Atta, Agustina. 2006. *Penggunaan Tanah Haloisit Sebagai Koagulan pada Proses Penurunan Konsentrasi Po₄, COD, dan Kekeruhan pada Limbah Cair Rumah Tangga*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang
- Christianus. 2010. *Belajar Kilat SPSS 17*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Enrico, Bernard. 2008. *Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica L) Sebagai Koagulan Alternatif dalam Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu*. Tesis Program Studi Teknik Kimia. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Handayani. 2007. *Asam Jawa (Tamarindus indica L)*. <http://mylutfi.wordpress.com/tag/apotek.hidup>. Diakses 5 April 2011.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P. 2006. *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Yogyakarta: Andi.
- Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002. *Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur*. Surabaya: Bapedal Propinsi Jawa Timur.
- Masduqi, A dan Agus, S. 2002. *Satuan Operasi*. Jurusan Teknik Lingkungan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Reynolds, T. D. 1982. *Unit Operations And Processes In Environmental Engineering*. Belmont, California: Wadsworth, Inc.
- Rosyidah, Cicik. 2008. *Uji Dosis Serbuk Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica L) sebagai Biokoagulan terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Aspek Fisik, Kimia, dan Bakteriologi*. Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
- Sandy, Angelina P. 2009. *Penurunan COD dan TSS pada Limbah Cair Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Monopolar Aliran Kontinyu*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Slamet, A dan Ali M. 2000. *Satuan Proses*. Jurusan Teknik Lingkungan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Sujianto, Agus. 2009. *Aplikasi Statistik dengan SPSS 16.0*. Jakarta: Prestasi Pustaka Publisher.
- Suryadarma, Efraiam. 2009. *Uji Kemampuan Bentuk Impeller (Gayung Pengaduk) dalam Pencapaian Proses Koagulasi Flokulasi: Studi Kasus dalam Penurunan TSS dan BOD*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Sutrisno, C.Totok. 2002. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Wahyuni, Ika. 2006. *Pemanfaatan Biji Kelor (Moringa Oleifera) sebagai Koagulan dalam Proses Penurunan Kekeruhan dan Kandungan Organik Limbah Cair Industri Tempe*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Zaenab. 2008. *Industri Penyamakan dan Dampaknya Terhadap Lingkungan*. Makassar: Dinas Kesehatan Kota Makassar.