

Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindusindica*) Sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Menurunkan Kadar COD dan BOD dengan Studi Kasus pada Limbah Cair Industri Tempe

Gary Intan Ramadhani dan Atiek Moesriati

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: atiek@enviro.its.ac.id

Abstrak—Biji asam jawa yang selama ini jarang dimanfaatkan perlu dikembangkan lebih lanjut untuk pengolahan limbah cair yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Kandungan polisakarida dalam biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) merupakan koagulan alami yang terbukti cukup efektif dalam peningkatan kualitas air limbah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh biji asam jawa sebagai koagulan pada limbah cair industri tempe sehingga diperoleh hasil yang optimum. Adapun yang dimaksud dengan hasil optimum yaitu dengan tercapainya penurunan kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah cair yang digunakan sesuai dengan baku mutu dan kondisi yang tidak membahayakan lingkungan. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah pH, TSS, kadar COD dan BOD dengan membandingkan dari tiap-tiap variasi. Variabel penelitian yang digunakan adalah pemberian dosis biji asam jawa sebagai koagulan dengan variasi (500, 1500, 2500, 3500) mg/l, kecepatan putaran pada proses koagulasi-flokulasi dan lama pengadukan lambat (flokulasi). Pada penelitian ini, terdapat korelasi antara dosis koagulan dan kecepatan pengadukan yang diberikan terhadap efisiensi penurunan kadar BOD, COD dan TSS. Dosis optimum yang diperoleh yaitu 1500 mg/l limbah. Sedangkan hasil optimum diperoleh pada kecepatan koagulasi 180 rpm selama 1 menit dan flokulasi 80 rpm dengan lama waktu pengadukan 45 menit.

Kata Kunci—biji asam jawa, limbah cair industri tempe, koagulasi, flokulasi.

I. PENDAHULUAN

Biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) yang selama ini hanya sebagai limbah yang jarang dimanfaatkan perlu dikembangkan lebih lanjut untuk pengolahan limbah cair yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Penelitian terdahulu menggunakan ekstrak biji asam jawa sebagai flokulan untuk menghilangkan 60% golden yellow setelah 2 jam dengan dosis 10 mg/L [1]. Sedangkan dalam penelitian lain menunjukkan dengan dosis 3000 mg/L dapat menyisihkan 83% kekeruhan [2]. Dalam penelitian ini ekstrak biji asam jawa dimanfaatkan sebagai koagulan untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan dari industri tempe yang selama ini belum ada penelitian tentang itu.

Limbah cair industri tempe merupakan salah satu sumber pencemar lingkungan. Industri tempe banyak mengandung bahan organik dan padatan terlarut. Dari data yang diperoleh berdasarkan penelitian terdahulu, rata-rata kandungan BOD, COD, TSS, dan pH dalam air limbah yang dihasilkan berturut-turut sebesar 950; 1534; 309; dan 5. Sedangkan berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri menyatakan bahwa baku mutu untuk limbah cair industri tempe sebesar BOD (150 mg/l), COD (300mg/l) dan TSS (100 mg/l). Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan untuk menghasilkan alternatif dari pengolahan-pengolahan yang sudah ada.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan korelasi antara kecepatan pengadukan, lama pengadukan dan dosis yang dibutuhkan agar proses koagulasi/flokulasi dengan biji asam jawa sebagai koagulan menghasilkan hasil yang optimum (dosis dan efisiensi removal) dan membandingkan hasil kemampuan biji asam jawa dikorelasikan dengan baku mutu air limbah industri tempe berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri.

II. METODOLOGI

A. Bahan yang Digunakan

Biji asam jawa yang digunakan adalah biji yang sudah tua dan kering. Kulit biji dikupas dengan cara dipecahkan kemudian biji dihaluskan hingga dicapai besar butir 60 mesh. Selanjutnya serbuk biji sebanyak 50 gram dilarutkan dalam 200 ml aquadest untuk selanjutnya digunakan sebagai koagulan sesuai dengan dosis yang telah ditentukan sebagai variasi ke dalam air limbah.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel limbah industri tempe dengan konsentrasi yang berbeda-beda untuk setiap kelompok pengadukan. Hal ini disebabkan parameter yang diuji merupakan parameter BOD, COD dan TSS dimana untuk proses pengujian parameter BOD tersebut, umur sampel yang dapat digunakan adalah sampel dengan proses penyimpanan maksimal selama 24 jam dalam suhu 4°C [3].

B. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian perbandingan kinerja biji asam jawa dengan variabel yang telah ditentukan terhadap BOD, COD dan TSS limbah cair industri tempe pada proses koagulasi/flokulasi adalah sebagai berikut:

1. Beaker diisi dengan sampel limbah cair industri sebanyak 500 ml dan pHnya diukur. Kemudian koagulan ditambahkan ke dalam beaker sebanyak dosis yang telah ditentukan sesuai dengan variabel dosis koagulan. Sampel kemudian diaduk cepat (koagulasi) dan diaduk lambat (flokulasi) sesuai dengan variabel kecepatan pengadukan yang telah ditentukan sebelumnya pula dan di lakukan variasi sebanyak variabel dosis tersebut. Setelah dilakukan pengadukan, sampel didiamkan mengendap selama 60 menit. Kadar BOD,COD dan TSS dianalisa.
2. Setelah didapatkan dosis dan kecepatan optimum dari variasi diatas, selanjutnya dilakukan variasi terhadap lamanya waktu pengadukan. Dosis dan kecepatan pengadukan yang digunakan dalam variasi kali ini adalah dosis dan kecepatan optimum yang telah diperoleh dari analisa pengaruh dosis dan kecepatan sebelumnya.
3. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada percobaan kali ini. Persen penyisihan TSS dan kadar BOD&COD – vs – dosis koagulan diplot pada kertas grafik lalu dosis dan efisiensi removal optimumnya dipilih.

C. Variabel

Untuk dapat mengetahui pengaruh dosis koagulan biji asam jawa ini dilakukan beberapa variasi sebagai berikut:

1. Variasi dosis koagulan: 500 mg/l limbah; 1500 mg/l limbah; 2500 mg/l limbah dan 3000 mg/l limbah.
2. Variasi kecepatan pengadukan: 180rpm/80rpm; 210rpm/85rpm; 240rpm/90rpm.
3. Variasi waktu detensi pengadukan lambat: 15 menit, 30 menit, dan 45 menit.

Kecepatan putaran dan dosis yang digunakan dalam percobaan pada variasi ke-3 ini merupakan hasil optimum dari variabel 1 dan 2 di atas.

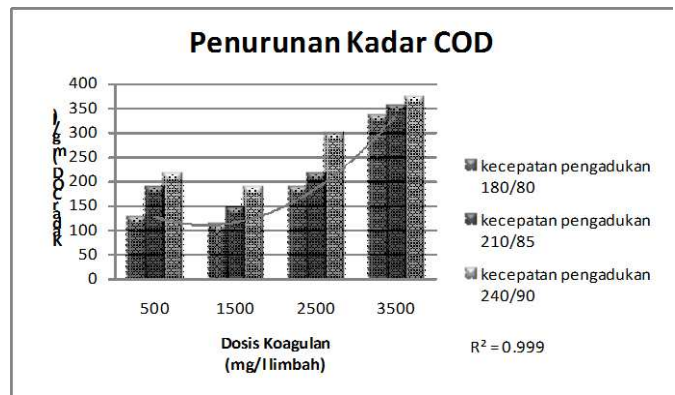
III. DATA DAN PEMBAHASAN

Persentase efisiensi penurunan kadar BOD, COD dan TSS dapat diperoleh dengan membandingkan nilai konsentrasi BOD, COD dan TSS sampel awal sebelum dilakukan proses koagulasi-flokulasi dengan nilai konsentrasi BOD, COD dan TSS pada hasil akhir setelah proses koagulasi-flokulasi.

$$\%R = \frac{Co - Ce}{Co} \times 100\% \tag{1}$$

Keterangan:

- %R : efisiensi Removal (%)
- Co : konsentrasi awal (mg/L)
- Ce : konsentrasi akhir (mg/L)



Gambar. 1. Grafik hubungan dosis koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar COD pada limbah cair industri tempe.

Tabel 1. Efisiensi removal kadar COD (Mg/L) yang diperoleh dari masing-masing sampel setelah dilakukan jar test (%R)

Dosis	Kecepatan Pengadukan		
	180/80	210/85	240/90
500	79.50%	75.92%	72.49%
1500	81.72%	79.22%	76.26%
2500	69.92%	66.75%	62.02%
3500	45.95%	58.28%	52.34%

A. Pengaruh Dosis Koagulan dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Efisiensi Removal Kadar COD

Pada hubungan variabel dosis koagulan dan kecepatan pengadukan terlihat bahwa kadar COD awal limbah cair industri tempe mengalami penurunan setelah dilakukan pengadukan dengan menggunakan biji asam jawa sebagai koagulan.

Dari Gambar 1 dapat dilihat terjadi penurunan kadar COD yang paling signifikan dari kadar COD awal sebesar 616.667 mg/l turun menjadi 112,75 mg/l pada dosis koagulan asam jawa 1500 mg/l limbah dengan pengadukan cepat (180 rpm) dan pengadukan lambat (80 rpm). Kadar COD akan kembali meningkat seiring dengan penambahan dosis koagulan. Dosis biji asam jawa yang terlalu banyak mengakibatkan kemampuan penurunan kadar COD limbah cair industri tempe juga ikut menurun. Sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri, hasil optimum yang dicapai sebesar 112,75 mg/l telah memenuhi baku mutu limbah cair industri tempe untuk parameter COD dimana ambang batas effluent sebesar 300 mg/l.

Dari data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa dari ke 12 variasi yang dilakukan terhadap rentang dosis 500 mg/l limbah hingga 3500 mg/l limbah dan rentang kecepatan pengadukan dengan pengadukan cepat (180 – 240) rpm dan pengadukan lambat (80 – 90) rpm, terdapat tren kenaikan efisiensi removal hingga dosis 1500 mg/l limbah dan kemudian mengalami penurunan kembali pada variasi selanjutnya. Variasi dengan kecepatan pengadukan untuk koagulasi 180 rpm dan flokulasi 80 rpm serta pembubuhan dosis koagulan asam jawa sebanyak 1500 mg/L limbah diperoleh efisiensi removal kadar COD yang terbesar yaitu sebesar 81,72%. Sedangkan pada dosis koagulan 3500 mg/l dengan kecepatan koagulasi 180 rpm dan kecepatan flokulasi 80 rpm diperoleh efisiensi removal terendah sebesar 45,95%.

B. Pengaruh Dosis Koagulan dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Efisiensi Removal Kadar BOD

Pada hubungan variabel dosis koagulan dan kecepatan pengadukan juga terlihat bahwa kadar BOD awal limbah cair industri tempe yang dilakukan pada rentang dosis 500 mg/l limbah hingga 3500 mg/l limbah dan rentang kecepatan pengadukan dengan pengadukan cepat (180 – 240) rpm dan pengadukan lambat (80 – 90) rpm mengalami penurunan setelah dilakukan pengadukan dengan menggunakan biji asam jawa sebagai koagulan.

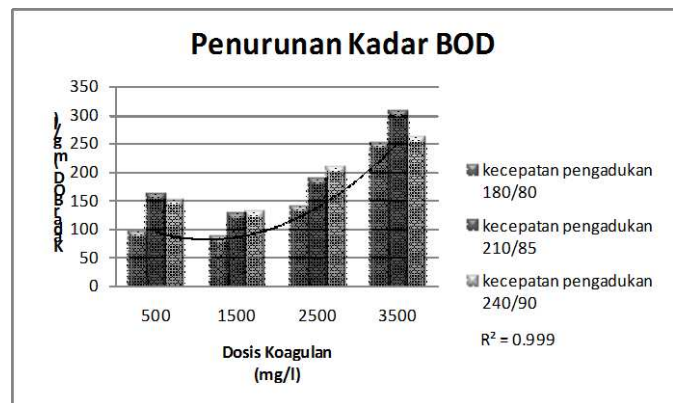
Dari Gambar 2 dapat di lihat terjadi penurunan kadar BOD yang paling signifikan dari kadar BOD awal sebesar 486,55 mg/l turun menjadi 84,56 mg/l pada dosis koagulan asam jawa 1500 mg/l limbah dengan pengadukan cepat (180 rpm) dan pengadukan lambat (80 rpm). Kadar BOD akan kembali meningkat seiring dengan penambahan dosis koagulan. Dosis biji asam jawa yang terlalu banyak mengakibatkan kemampuan penurunan kadar BOD limbah cair industri tempe juga mengalami penurunan. Sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri, hasil optimum yang dicapai sebesar 84,56 mg/l telah memenuhi baku mutu limbah cair industri tempe untuk parameter BOD dimana ambang batas effluent sebesar 150 mg/l.

Dari data pada Tabel 2 , maka dapat di lihat bahwa dari ke 12 variasi yang dilakukan variasi dengan kecepatan pengadukan untuk koagulasi 180 rpm dan flokulasi 80 rpm serta pembubuhan dosis koagulan asam jawa sebanyak 1500 mg/L limbah diperoleh efisiensi removal kadar BOD yang terbesar yaitu sebesar 82,62%. Sedangkan pada dosis koagulan 3500 mg/l dengan kecepatan koagulasi 210 rpm dan kecepatan flokulasi 85 rpm diperoleh efisiensi removal terendah sebesar 46,17 %.

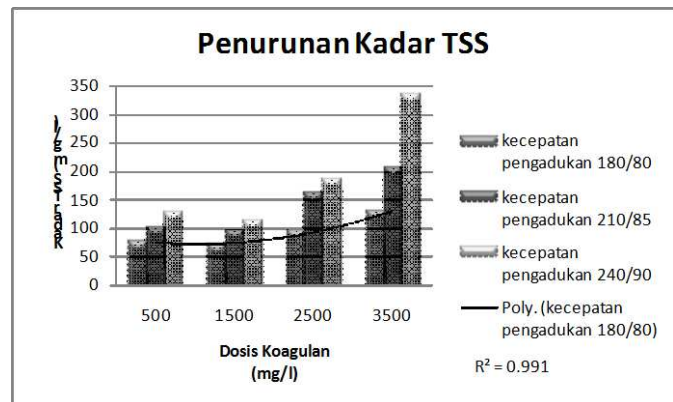
C. Pengaruh Dosis Koagulan dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Efisiensi Removal Kadar TSS

Selain kadar COD dan BOD, pada hubungan variabel dosis koagulan dan kecepatan pengadukan juga diamati kadar TSS awal limbah cair industri tempe yang dilakukan variasi perlakuan pada rentang dosis koagulan 500 mg/l limbah hingga 3500 mg/l limbah dan rentang kecepatan pengadukan dengan pengadukan cepat (180 – 240) rpm dan pengadukan lambat (80 – 90) rpm mengalami penurunan setelah dilakukan pengadukan dengan menggunakan biji asam jawa sebagai koagulan.

Dari Gambar 3 dapat di lihat terjadi penurunan kadar TSS yang paling signifikan dari kadar TSS awal sebesar 255 mg/l turun menjadi 70 mg/l pada dosis koagulan asam jawa 1500 mg/l limbah dengan pengadukan cepat (180 rpm) dan pengadukan lambat (80 rpm). Kadar TSS akan kembali meningkat seiring dengan penambahan dosis koagulan. Dosis biji asam jawa yang terlalu banyak mengakibatkan kemampuan penurunan kadar TSS limbah cair industri tempe menjadi jenuh. Sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri, hasil optimum yang dicapai sebesar 70 mg/l telah memenuhi baku mutu limbah cair industri



Gambar. 2. Grafik hubungan dosis koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar BOD pada limbah cair industri tempe.



Gambar. 3. Grafik hubungan dosis koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar TSS pada limbah cair industri tempe.

Tabel 2. Efisiensi removal kadar BOD (Mg/L) yang diperoleh dari masing-masing sampel setelah dilakukan jar test (%R)

Dosis	Kecepatan Pengadukan		
	180/80	210/85	240/90
500	80.51%	71.67%	75.92%
1500	82.62%	77.94%	79.22%
2500	71.40%	67.18%	66.75%
3500	48.62%	46.17%	58.28%

Tabel 3. Efisiensi removal kadar TSS (Mg/L) yang diperoleh dari masing-masing sampel setelah dilakukan jar test (%R)

Dosis	Kecepatan Pengadukan		
	180/80	210/85	240/90
500	70.59%	64.91%	61.54%
1500	76.47%	66.67%	64.10%
2500	52.94%	43.86%	51.28%
3500	17.65%	28.07%	33.33%

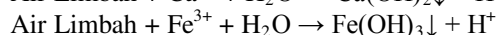
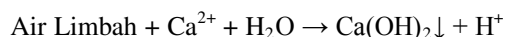
tempe untuk parameter TSS dimana ambang batas effluent sebesar 100 mg/l.

Dari data pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa dari ke 12 variasi yang dilakukan variasi dengan kecepatan pengadukan untuk koagulasi 180 rpm dan flokulasi 80 rpm serta pembubuhan dosis koagulan asam jawa sebanyak 1500 mg/L limbah diperoleh efisiensi removal TSS yang terbesar yaitu sebesar 76,47% . Sedangkan pada dosis koagulan 3500 mg/l

dengan kecepatan koagulasi 180 rpm dan kecepatan flokulasi 80 rpm diperoleh efisiensi removal terendah sebesar 17,65 %. Pada grafik juga tampak adanya tren kenaikan efisiensi removal untuk variabel dosis 500mg/l dan 1500 mg/l. sedangkan untuk dosis 2500 mg dan 3500 mg/l mengalami trend penurunan efisiensi removal.

Dari ketiga parameter diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dosis yang paling optimum dari ke 12 variasi tersebut adalah 1500 mg/l dengan kecepatan putaran pada pengadukan cepat sebesar 180 rpm dan pengadukan lambat sebesar 80 rpm.

Dalam ekstrak biji asam jawa terkandung ion-ion logam seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} dan Fe^{3+} dimana berdasarkan deret kereaktifan unsur ion Ca^{2+} lebih reaktif dibandingkan ion Mg^{2+} dan Fe^{3+} [4]. Dalam 500 mg ekstrak biji asam jawa, terdapat 0,6 mg ion Ca^{2+} , 0,9 mg ion Mg^{2+} dan 0,4 mg ion Fe^{2+} . Sedangkan dalam limbah cair industri tempe terdapat senyawa-senyawa NH_3 , $\text{NO}_{(x)}$, C, H, O, S, dan P. Berikut reaksi yang mungkin terjadi antara Ca^{2+} , OH dan senyawa kimia limbah cair tempe adalah sebagai berikut:



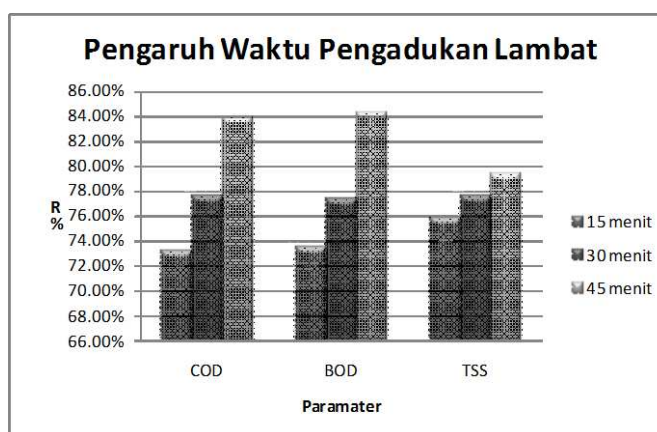
Dalam reaksi tersebut diatas, bahan organik yang terkandung dalam air limbah memiliki muatan negatif sehingga dapat berikatan dengan ion-ion positif yang terkandung dalam koagulan. Ikatan-ikatan tersebut membentuk flok-flok yang lebih besar setelah mengalami proses pengadukan lambat dimana partikel saling bertubrukan dan tetap bersatu untuk kemudian mengendap sebagai endapan [5].

Kecepatan putaran pengadukan yang kurang akan menyebabkan koagulan untuk dapat terdispersi dengan baik sebaliknya apabila kecepatan pengadukan terlalu tinggi akan menyebabkan flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah kembali sehingga terjadi pengendapan tidak sempurna [6].

4.1. Pengaruh Waktu Pengadukan Lambat (td) terhadap Efisiensi Penurunan Kadar COD, BOD dan TSS

Dalam penelitian ini, dilakukan variasi waktu pengadukan (td) untuk lamanya waktu pengadukan yang diperlukan untuk memperoleh %R dari masing-masing parameter yang paling optimum. Terdapat 3 macam variasi yaitu berada pada rentang 15 menit hingga 45 menit. Penelitian dilakukan setelah didapatkan hasil berupa dosis optimum dan kecepatan pengadukan yang optimum yang telah diperoleh dari penelitian sebelumnya. Dosis yang digunakan untuk penelitian kali ini adalah 1500 mg/l dengan pengadukan cepat 240 rpm dan pengadukan lambat 90 rpm. Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil penelitian berupa efisiensi *removal* dari masing-masing parameter yaitu COD, BOD dan TSS. Adapun hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4

Dengan menggunakan dosis optimum dan kecepatan optimum yang telah diperoleh sebelumnya, tampak bahwa efisiensi removal mengalami tren penurunan seiring dengan lama waktu pengadukan yang digunakan. Efisiensi removal



Gambar. 4. Grafik hubungan waktu pengadukan terhadap penurunan kadar COD, BOD dan TSS pada limbah cair industri tempe

tertinggi berada pada variabel waktu pengadukan flokulasi 45 menit dengan dosis optimum yang telah diperoleh sebelumnya yaitu dosis 1500 mg/l limbah dengan kecepatan pengadukan optimum koagulasi 180 rpm dan flokulasi 80 rpm yang telah diperoleh dari penelitian sebelumnya.

Seiring dengan peningkatan waktu pengadukan, terjadi peningkatan efisiensi *removal* terhadap masing-masing parameter. Waktu kontak merupakan hal sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak semakin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih banyak [7].

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat korelasi antara dosis koagulan dan kecepatan pengadukan yang diberikan terhadap efisiensi penurunan kadar BOD, COD dan TSS dengan biji asam sebagai koagulan memperoleh hasil yang optimum berada pada dosis 1500 mg/l limbah dan kecepatan putaran koagulasi 180 rpm dan kecepatan putaran untuk flokulasi sebesar 80 rpm dengan lama pengadukan lambat selama 45 menit dimana diperoleh secara berturut-turut efisiensi *removal* BOD sebesar 82,62%, COD sebesar 81,72% dan TSS sebesar 76,47%.
2. Dari hasil penelitian diatas, menunjukkan bahwa pengolahan limbah dengan proses koagulasi-flokulasi dengan koagulan biji asam jawa mampu memenuhi baku mutu buangan limbah industri berdasarkan Peraturan Gubernur No. 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri.

B. Saran

Dari hasil analisa dan pembahasan pada penelitian ini, disarankan beberapa perbaikan sebagai berikut:

1. Perlu ditambahkan variasi pengadukan lambat yang lebih lama lagi untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan lambat yang paling optimum karena trend efisiensi removal dalam penelitian ini masih menunjukkan laju peningkatan.
2. Perlu dilakukan penelitian koagulasi dan flokulasi dengan metode lain dengan kriteria G yang sama sehingga diperoleh koagulasi-flokulasi tanpa proses pengadukan.

LAMPIRAN

Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Lain

Baku mutu limbah cair industri tahu dan tempe

Parameter	Baku mutu Limbah Cair (mg/l) maks
BOD	150
COD	300
TSS	100
Detergen	0.01-0.22

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mishra, A., Bajpai, M. 2005. *Flocculation behaviour of model textile wastewater treated with food grade polysaccharide*. J Hazard. Mat. B118, 213-217.
- [2] Enrico, B., 2008. *Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- [3] APHA-AWWA-WPCF. 1998. *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 21th Edition*. Washington D.C : American Public Health Association.
- [4] Vanysek, Petr. 2009. "Electrochemical Series", in *Handbook of Chemistry and Physics: 90th Edition*. Chemical Rubber Company.
- [5] Davis, M.L. and D.A. Cornwell. 1991. *Introduction to Environmental Engineering. 2nd ed*. Mc Graw-Hill. Inc. New York.
- [6] Pernitsky, David J, 2003. *Coagulation 101*, Associated Engineering, Calgary, Alberta.
- [7] Reynold, D. Tom dan Paul, A. Richards. 1995. *Unit Operation and Processing in Environmental Engineering. 2nd Edition*. Boston. PWS Publishing.