

**PERBANDINGAN EFEKTIFITAS BIOKOAGULAN BIJI ASAM JAWA
(*Tamarindus Indica L*) DAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*)
DALAM MENURUNKAN COD DAN TSS AIR LIMBAH
INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT**

**COMPARATION OF BIOCOAGGULANT OF TAMARIND SEEDS
(*Tamarindus Indica L*) AND MARUNGGAI SEEDS (*Moringa Oleifera*)
FOR COD AND TSS REMOVAL
OF LEATHER TANNING WASTEWATER**

Evy Hendriarianti¹⁾, Humairoh Suhastris Latifah²⁾, dan Rossi Bellen³⁾

Program Studi Teknik Lingkungan, ITN Malang

Jalan Bendungan Sigura-gura, Malang

Email: ¹⁾hendriarianti@yahoo.com; ²⁾achie.latief@gmail.com; ³⁾rossibellen@gmail.com

diterima 30 September 2012, diterima setelah perbaikan 4 April 2013

disetujui untuk diterbitkan 4 April 2013

Abstrak: Industri penyamakan kulit mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi. Limbah industri penyamakan kulit berpotensi besar menurunkan kualitas air karena mempunyai konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solids (TSS) tinggi. Salah satu alternatif pengolahan limbah penyamakan kulit adalah dengan koagulasi-flokulasi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektifitas penggunaan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor sebagai biokoagulan dalam pengaruh kecepatan putaran flokulasi dan dosis biokoagulan. Penelitian ini menggunakan reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi aliran kontinyu dengan variasi dosis biokoagulan Biji Asam Jawa (1,5 g/l; 2,5 g/l dan 3,5 g/l), biokoagulan Biji Kelor (1,0 g/l; 2,0 g/l dan 3,0 g/l) dan kecepatan putaran flokulasi (20 rpm dan 40 rpm). Hasil penelitian menunjukkan efisiensi pemisahan COD yang dicapai sebesar 92,6% dan TSS sebesar 83,3% dengan dosis 3,5 mg/l dan kecepatan putaran 20 rpm. Biji Kelor lebih efektif sebagai biokoagulan untuk menurunkan kandungan TSS limbah cair industri penyamakan kulit. Efisiensi pemisahan yang dicapai sebesar 75,6% dengan dosis 3 mg/l dan kecepatan putaran 20 rpm. Terdapat pengaruh yang signifikan dengan semakin banyaknya dosis biokoagulan. Efisiensi pemisahan COD dan TSS juga menunjukkan hasil yang lebih baik pada kecepatan putaran flokulasi yang rendah (20 rpm).

Kata kunci: Biokoagulan, Air limbah, dan penyamakan kulit.

Abstract: Leather tanning treat raw leather to used leather. Leather tanning wastewater potentially decrease water quality because contain high concentration of Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS). One of the alternative of leather tanning wastewater treatment is coagulation-floculation. This research aims to compare effectiveness of using Tamarind seeds (*Tamarindus Indica L*) and Marunggai seeds (*Moringa Oleifera*) as biocoagulant under the influence of floculation mixing speed and dosage of biocoagulant. This research used coagulation-floculation-sedimentation reactor with continue flows, dosage of Tamarind seeds are 1,5 g/l; 2,5 g/l; 3,5 g/l, dosage of Marunggai seeds are 1,0 g/l; 2,0 g/l; 3,0 g/l and floculation mixing speed are 20 rpm; 40 rpm. The result shows removal efficiency of COD as 92.2% and 83.3% of TSS with 3.5 gr/l of biocoagulant dosage and 20 rpm of floculation mixing speed. Marunggai seeds is more effeptive as biocogullant for removal of TSS in leather tanning effluent. Efficiency removal reach as 75.6% of TSS with 3.0 gr/l of biocoagulant dosage and 20 rpm of floculation mixing speed. There is a significant effluence with biocoagulant dosage increasing. Removal efficiency also shows better on low floculation mixing speed (20 rpm).

Keywords: biocoagulant, Leather tanning, and wastewater.

PENDAHULUAN

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi berpotensi besar mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari industri ini mengandung bahan-bahan pencemar seperti sisa daging, darah, bulu, yang menyebabkan timbulnya endapan bahan organik, serta kandungan bahan kimia seperti krom (Cr).

Partikel koloid dalam limbah cair industri penyamakan kulit menimbulkan kekeruhan pada badan air. Oleh karena itu, industri penyamakan kulit memerlukan alternatif pengolahan limbah yang efektif agar memenuhi standar effluen untuk di buang ke badan air. Salah satu alternatif pengolahan menggunakan teknologi koagulasi-flokulasi yang dikombinasikan dengan sedimentasi. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan kimia (koagulan) yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat). Sedangkan flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Proses koagulasi-flokulasi ini memperbesar ukuran flok sehingga lebih mudah untuk mengendap. Oleh karena itu, endapan flok yang di dapatkan lebih besar jumlahnya.

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air saat ini adalah koagulan kimia seperti alum dan PAC. Akan tetapi, koagulan kimia menghasilkan lumpur/endapan yang masih mempunyai unsur kimia yang dapat membahayakan lingkungan bila dibuang langsung. Selain itu pH air yang diolah akan terpengaruh. Oleh karena itu, penggunaan biokoagulan memberikan solusi terhadap permasalahan ini. Banyak penelitian yang menunjukkan kemampuan tanaman sebagai koagulan diantaranya Biji Kelor (Babu & Chaudhuri, 2005) dan Biji Asam (Bhole, 1995). Kemampuan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dalam mengolah air dengan proses koagulasi pernah diteliti oleh Bernard Enrico

(2008), dengan variasi dosis dan ukuran partikel serbuk, Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) pada dosis optimum 300 mg/L mampu menurunkan TSS dari 9850 mg/l menjadi 120 mg/l. Penelitian yang dilakukan oleh Cicik Rosyidah (2008) menunjukkan kemampuan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) pada dosis optimum 1,0 g/L mampu menurunkan kandungan COD pada air sungai menjadi 9,8355 mg/L. Selain itu pada air limbah, Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) juga dapat digunakan sebagai koagulan. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya penelitian yang telah dilakukan oleh Susilowati (2004) dalam proses penurunan kekeruhan lindi yang mencapai 40–50%. Penelitian lainnya tentang pemanfaatan Biji Kelor untuk pengolahan air limbah pertambangan batu bara menunjukkan kemampuan Biji Kelor dalam menurunkan kandungan TSS sebesar 91,52%, 99,29% dan 99,93% dengan dosis berturut-turut sebesar 0,5 gr/l; 1,25 gr/l dan 1,5 gr/l (Nugeraha dkk, 2010). Dalam penelitian yang lain koagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*) juga mampu menurunkan COD air limbah farmasi sebesar 78,25% (Hartati, Etih., dkk, 2008). Kemampuan Biji Kelor sebagai flokulan alami disebabkan karena tingginya kandungan protein pada kulit biji sebesar 15.680 ppm/gram dan biji dalam Kelor sebesar 147.280 ppm/gram (Hidayat, 2009).

Bertolak dari hal tersebut diatas maka muncul ide studi untuk membandingkan kemampuan dan efektifitas Biji Asam Jawa dan Biji Kelor sebagai biokoagulan dalam proses penurunan TSS dan COD dalam limbah cair industri penyamakan kulit. Batasan dalam tulisan ini meliputi latar belakang dan tujuan penelitian, metode penelitian, hasil penelitian dan pembahasan Efisiensi Pemisahan konsentrasi COD dan TSS dengan menggunakan biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor pada variabel bebas dosis dan kecepatan putaran proses flokulasi, kesimpulan dan saran.

METODE

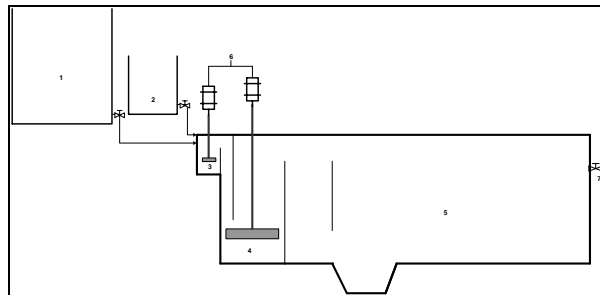
Penelitian ini dilakukan dengan variabel respon yang diukur adalah konsentrasi TSS dan COD. Variabel prediktornya adalah dosis biokoagulan (1,5 mg/l; 2,5 mg/l; 3,5 mg/l) dan kecepatan

putaran pada proses flokulasi (20 rpm dan 40 rpm). Waktu operasional reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi (KFS) selama 91 menit dengan rincian pada bak koagulasi dengan

kecepatan putaran 200 rpm selama 1 menit, pada bak flokulasi selama 30 menit dan pada bak sedimentasi selama 60 menit.

Peralatan yang digunakan berupa bak penampung yang berfungsi untuk menampung dan menyetarakan debit sesuai dengan yang direncanakan. Perlengkapan utama berupa

reaktor KFS menggunakan tiga bak yaitu bak pengaduk cepat (koagulasi), bak pengaduk lambat (flokulasi) dan bak sedimentasi. Peralatan lain yang digunakan, untuk analisa pH dengan pH meter dan suhu dengan thermometer serta stopwatch. Skema gambar reaktor KFS dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Sketsa reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi (KFS).

Keterangan:

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

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel asli industri penyamakan kulit yang mengandung COD dan TSS. Pada awal tahap penelitian dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal sampel yang akan diolah. Parameter yang dianalisis adalah TSS, pH dan COD. Selanjutnya dilakukan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi secara kontinu dengan tahapan proses sebagai berikut: (1) Mengalirkan limbah cair ($Q = 0,5$ ltr/mnt) dan koagulan ($Q = 25$ ml/mnt) ke dalam bak koagulasi secara gravitasi dengan kecepatan

putaran pengadukan 200 rpm selama 1 menit; (2) Dari pengadukan cepat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak pengadukan lambat dengan variasi kecepatan putaran pengadukan 40 rpm selama 30 menit; (3) Dari bak pengaduk lambat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak sedimentasi, dan mengendapkan selama 1 jam; (4) Mengukur pH limbah terolah setiap 10 menit sekali; (5) Mengambil sampel dari valve outlet sedimentasi untuk dianalisa kualitasnya; (6) Mengulangi langkah ke 1 sampai ke 5 untuk kecepatan pengadukan lambat 20 rpm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Limbah Industri Penyamakan Kulit

Air limbah industri penyamakan kulit yang digunakan dalam penelitian diambil dari industri

penyamakan kulit PT. Kasin, Kota Malang. Hasil analisa karakteristik awal air limbah dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

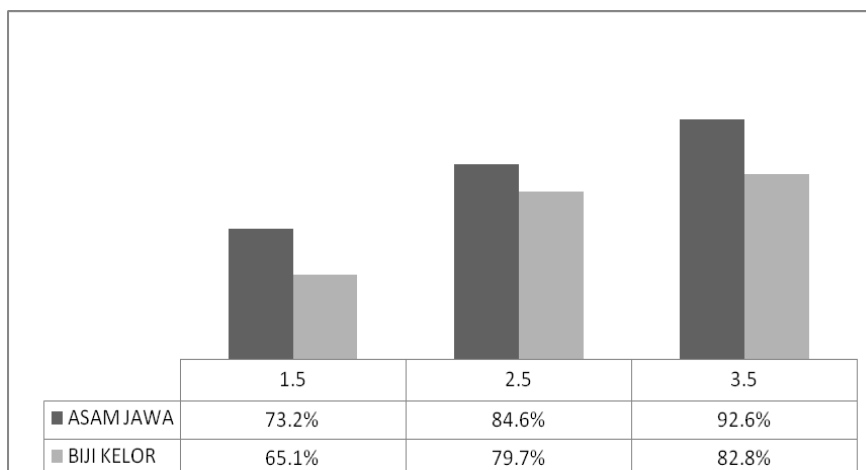
Tabel 1. Hasil analisa awal limbah industri penyamakan kulit.

Parameter	Nilai		Baku Mutu Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Kepgub Jatim No. 45/2002 (proses lengkap)
	Biji Asam Jawa	Biji Kelor	
pH	4,11	4,11	6-8
Total Suspended Solids (TSS)	1200 mg/l	2866,6 mg/l	100
Chemical Oxygen Demand (COD)	993,3 mg/l	1072 mg/l	250

Dari hasil analisa awal kualitas air limbah penyamakan kulit yang diambil pada lokasi sampling dapat dilihat ketiga nilai parameter kualitas tidak sesuai dengan baku mutu yang disyaratkan.

Efisiensi Pemisahan COD Menggunakan Biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor

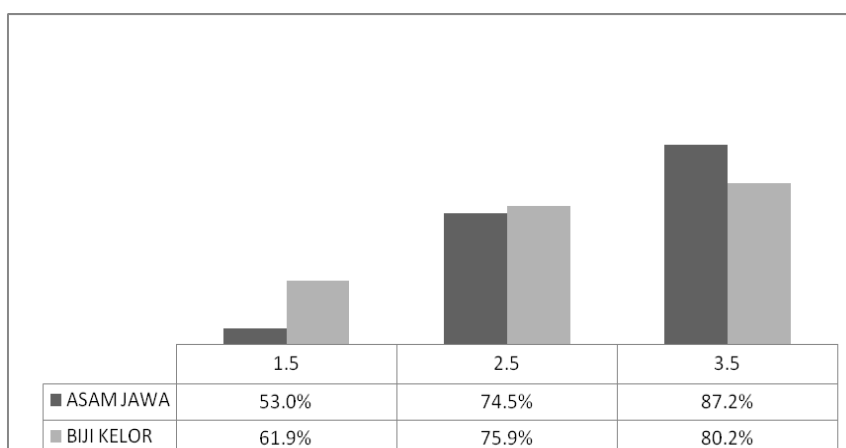
Efisiensi Pemisahan konsentrasi COD pada setiap dosis biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor pada outlet bak sedimentasi untuk kecepatan putaran flokulasi 20 rpm, dapat dilihat pada grafik 1 berikut ini:



Grafik 1. Efisiensi Pemisahan COD pada 20 rpm.

Pada grafik 1 diatas dapat dilihat bahwa penurunan COD terendah terjadi pada biokoagulan Biji Kelor sebesar 65,1 % pada dosis 1,5 gr/l dan tertinggi pada biokoagulan Asam Jawa sebesar 92,6 % pada dosis 3,5 gr/l.

Selanjutnya efisiensi pemisahan COD antara biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm, dapat dilihat pada grafik 2. berikut ini:



Grafik 2. Efisiensi Pemisahan COD pada 40 rpm.

Dari grafik 2. diatas, efisiensi pemisahan COD untuk kecepatan putaran flokulasi 40 rpm terlihat berbeda dengan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm. Penurunan konsentrasi COD terendah terjadi pada biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 53,0% pada dosis 1,5 gr/l dan tertinggi pada

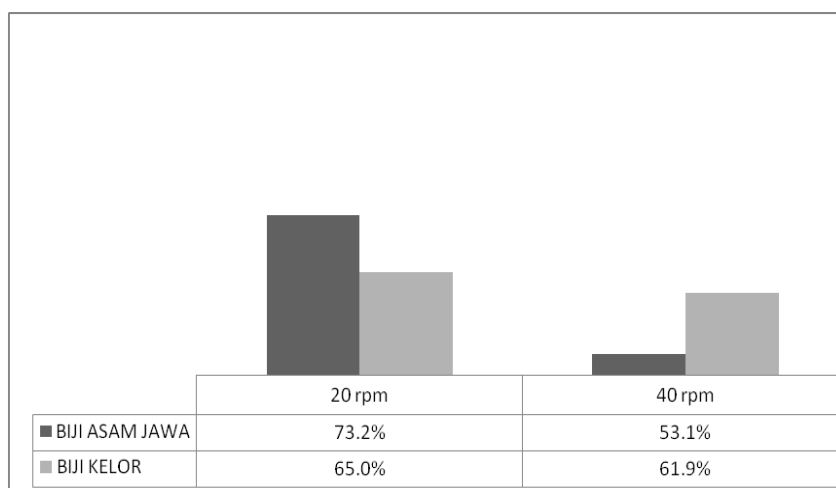
biokoagulan Asam Jawa sebesar 87,2% pada dosis 3,5 gr/l. Dosis biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor mempunyai pengaruh terhadap penurunan COD. Hasil uji Anova untuk variasi dosis biokoagulan Biji Kelor menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam

konsentrasi akhir COD yang dihasilkan (P-value = 0,001 dan F_{output} (1024,26) < F_{tabel} (19,16)). Begitu juga hasil uji Anova untuk variasi dosis biokoagulan Biji Asam Jawa menunjukkan adanya tidak adanya perbedaan yang signifikan dalam konsentrasi akhir COD yang dihasilkan (P-value = 0,072 dan F_{output} (12,889) < F_{tabel} (19,16)).

Biokoagulan Biji Asam Jawa menunjukkan kemampuan penurunan COD yang tertinggi pada dosis 3,5 gr/l dan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm. Dari grafik 1 diatas, terlihat hampir samanya kemampuan kedua biokoagulan dalam menurunkan COD pada kecepatan flokulasi 20 rpm. Tetapi pada kecepatan flokulasi 40 rpm, biokoagulan Biji Kelor menunjukkan kemampuan penurunan COD yang lebih besar pada dosis 1 gr/l (grafik 2). Pada kedua biokoagulan menunjukkan kecenderungan

penurunan COD yang signifikan dengan semakin besarnya dosis (gr/l) yang ditambahkan pada proses koagulasi. Dari hasil analisa korelasi antara dosis biokoagulan Biji Asam Jawa dengan penurunan konsentrasi COD menunjukkan hubungan yang kuat dan searah ($r = 0,849$), sedangkan dari nilai probabilitas menunjukkan hubungan yang signifikan (P-value = 0,033). Begitu juga dengan biokoagulan Biji Kelor, hubungan antara dosis biokoagulan Biji Kelor dengan penurunan konsentrasi COD menunjukkan hubungan yang kuat dan searah ($r = 0,927$), sedangkan dari nilai probabilitas menunjukkan hubungan yang signifikan (P-value = 0,008).

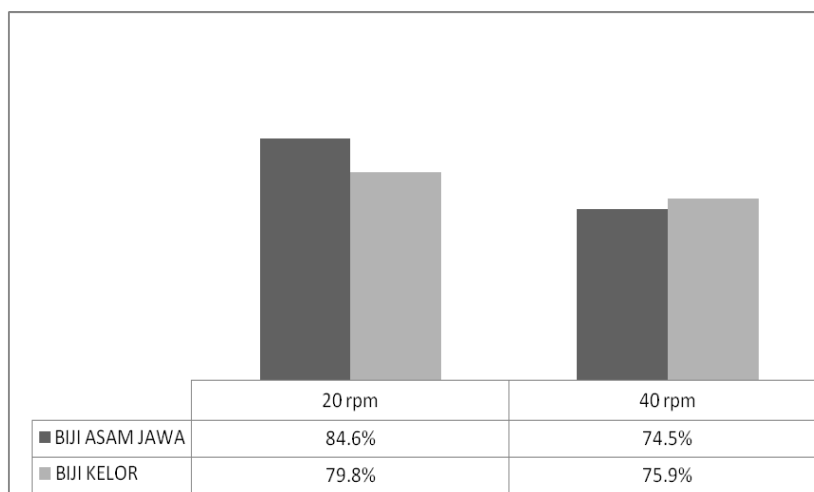
Efisiensi pemisahan COD dari kedua biokoagulan dengan pengaruh kecepatan flokulasi didiskripsikan pada grafik 3 sampai grafik 5 berikut ini.



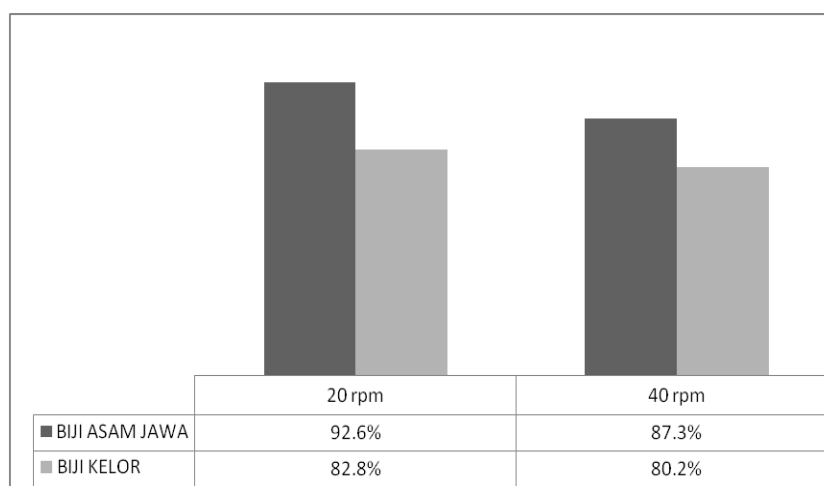
Grafik 3. Efisiensi Pemisahan COD dengan dosis biokogulan 1,5 gr/l.

Dari grafik 3 diatas dengan dosis rendah (1, 5 gr/l), Biji Asam Jawa maupun Biji Kelor relatif sama kemampuannya pada kecepatan putaran flotasi 20 rpm. Tetapi lebih berbeda pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm. Biokoagulan Biji Asam Jawa lebih stabil pada kecepatan putaran flotasi 20 rpm. Pada penggunaan

biokoagulan Biji Kelor relatif tidak ada perbedaan dengan penambahan kecepatan putaran flokulasi. Pada dosis yang lebih besar (2,5 gr/l dan 3,5 gr/l), kedua biokoagulan relatif tidak menunjukkan perbedaan, seperti pada grafik 4 dan 5 berikut ini.



Grafik 4. Efisiensi Pemisahan COD dengan dosis biokogulan 2,5 gr/l.



Grafik 5. Efisiensi Pemisahan COD dengan dosis biokogulan 2,5 gr/l.

Analisa diskriptif ini didukung dengan analisa korelasi antara kecepatan putaran dengan penurunan konsentrasi COD pada setiap variasi dosis biokoagulan Biji Asam Jawa menunjukkan hubungan yang sedang dan berlawanan arah ($r = -0,459$), sedangkan dari nilai probabilitasnya menunjukkan hubungan yang tidak signifikan ($P\text{-value} = 0,360$). Artinya semakin tinggi kecepatan putaran flokulasi pada penggunaan biokoagulan Biji Asam Jawa, tidak secara nyata diikuti dengan penurunan konsentrasi COD. Begitu juga yang terjadi pada penggunaan Biji Kelor sebagai biokoagulan. Hasil analisa korelasi antara kecepatan putaran dengan penurunan konsentrasi COD pada setiap variasi dosis biokoagulan Biji Kelor menunjukkan hubungan yang lemah dan berlawanan arah ($r = -0,201$), sedangkan dari nilai probabilitasnya menunjukkan hubungan yang tidak signifikan ($P\text{-value} = 0,702$).

Hasil uji Anova variasi kecepatan putaran pada biokoagulan Biji Asam Jawa juga menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan untuk penurunan konsentrasi akhir COD ($P\text{-value} = 0,113$ dan $F_{\text{output}} (7,411) < F_{\text{tabel}} (18,51)$). Tetapi berbeda dengan Biji Asam Jawa, Biji Kelor sebagai biokoagulan menunjukkan adanya pengaruh kecepatan putaran flokulasi. Dari hasil uji Anova variasi kecepatan putaran pada biokoagulan Biji Kelor menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan untuk penurunan konsentrasi akhir COD ($P\text{-value} = 0,011$ dan $F_{\text{output}} (86,66) > F_{\text{tabel}} (18,51)$). Biji Asam Jawa sebagai biokoagulan dalam pengolahan limbah cair penyamakan kulit menunjukkan kemampuan menurunkan COD lebih besar pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm daripada 40 rpm. Hasil ini juga ditunjukkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni I

(2006) menggunakan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dapat menurunkan kandungan organik menunjukkan hasil yang lebih optimal. Sehingga kecepatan putaran flokulasi mempengaruhi efisiensi penyisihan, dimana semakin besar kecepatan putaran flokulasi menyebabkan makro flok yang sudah terbentuk pecah. Kemungkinan flok yang terbentuk dari biokoagulan Biji Asam Jawa lebih stabil dibandingkan dengan flok yang terbentuk dari Biji Kelor.

Penurunan konsentrasi COD disebabkan karena penambahan biokoagulan pada proses koagulasi dan pembesaran flok pada saat proses flokulasi dan pengendapan pada proses sedimentasi. Flokulasi untuk mengurangi stabilitas partikel-partikel penyebab COD dengan penambahan biokoagulan yang mempunyai muatan berlawanan melalui pengadukan cepat (*mixing*) (Masduqi dan Slamet, 2002). Kemampuan biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor dalam menurunkan COD terdapat pada kemampuan adsorpsi dan netralisasi muatan koloid. 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 Jawa (*Tamarindus Indica L*) pada limbah tahu dengan dosis 3 g/l, kecepatan putaran flokulasi 40 rpm selama 12 menit yang mampu menurunkan COD sebesar 22,40%. Rambe A. M. (2009) yang menggunakan koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) pada limbah industri tekstil dengan dosis 1,25 g/l, pengadukan lambat 40 rpm selama 12 menit yang mampu menurunkan COD sebesar 75,86%. Sedangkan penelitian serupa oleh Saefudin (2009) dengan waktu flokulasi 18 menit mampu menurunkan COD sebesar 46,39%. Besarnya nilai penurunan persentase COD juga disebabkan karena 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 biokoagulan Biji Asam Jawa.

Ekstrak Biji Asam Jawa mengandung polisakarida alami yang tersusun atas D-

galactose, D-glucose dan D-xylose yang merupakan flokulan alami. Flokulan alami terutama polisakarida lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan koagulan organik dan anorganik (Bajpai, 2005 dalam Enrico, 2008)

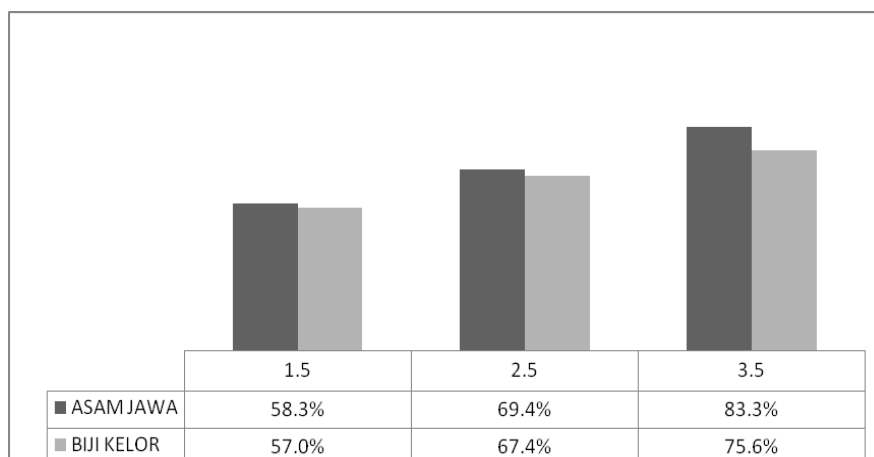
Tannin, minyak esensial, air getah atau bahan perekat yang dikandung dalam tanaman merupakan zat aktif yang menyebabkan proses koagulasi. Polimer alami seperti pati, getah, perekat, alginate dan lain-lain berfungsi sebagai flokulan. Berdasarkan karakteristik tersebut maka Biji Asam Jawa dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan koagulan untuk membantu proses pengolahan air atau limbah (Rao, 2005 dalam Rosydhah, 2008).

Sedangkan penurunan konsentrasi COD dengan penggunaan biokoagulan Biji Kelor disebabkan protein yang terkandung dalam larutan koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) bermuatan positif akan menarik muatan negatif yang terkandung dalam partikel-partikel penyebab COD pada limbah cair industri penyamakan kulit. Larutan koagulan Biji Kelor mengandung sejumlah protein dengan berat molekul yang ringan, dimana protein yang terkandung dalam larutan koagulan Biji Kelor ini jika dilarutkan dengan limbah cair penyamakan kulit akan mendestabilkan partikel yang terkandung dalam limbah, sehingga partikel-partikel tersebut akan saling tarik-menarik dan berikatan untuk membentuk flok. Jika jumlah optimum dosis koagulan Biji Kelor sebanding dengan jumlah partikel tersuspensi maka akan bergabung menjadi partikel berukuran kecil (inti flok) kemudian menghasilkan flok yang lebih besar (makro flok).

Disamping itu Biji Kelor mengandung kandungan logam-logam alkali kuat, yaitu K dan Na yang mempunyai muatan positif, serta logam lainnya. Sehingga Biji Kelor memenuhi kriteria sebagai zat yang dapat mengadakan ikatan tarik-menarik secara elektrostatis terhadap partikel lainnya. Biji kelor juga mengandung zat yang bersifat bakterisida. (<http://www.moringaceae.com/famin>)

Efisiensi Pemisahan TSS pada Biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor

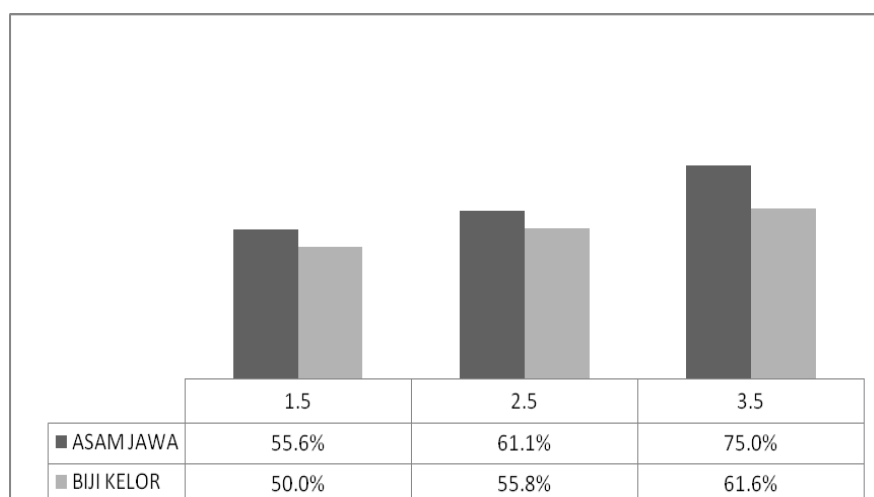
Efisiensi Pemisahan TSS pada setiap dosis biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor pada outlet bak sedimentasi untuk kecepatan putaran flokulasi 20 rpm, dapat dilihat pada grafik 6 berikut ini:



Grafik 6. Efisiensi Pemisahan TSS pada 20 rpm.

Pada grafik 6 diatas dapat dilihat bahwa efisiensi pemisahan TSS terendah terjadi pada biokoagulan Biji Kelor sebesar 57 % pada dosis 1,5 gr/l dan tertinggi pada biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 83.3% pada dosis 3,5 gr/l.

Selanjutnya Efisiensi pemisahan TSS antara biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm, dapat dilihat pada grafik 7. berikut ini:



Grafik 7. Efisiensi pemisahan TSS pada 40 rpm.

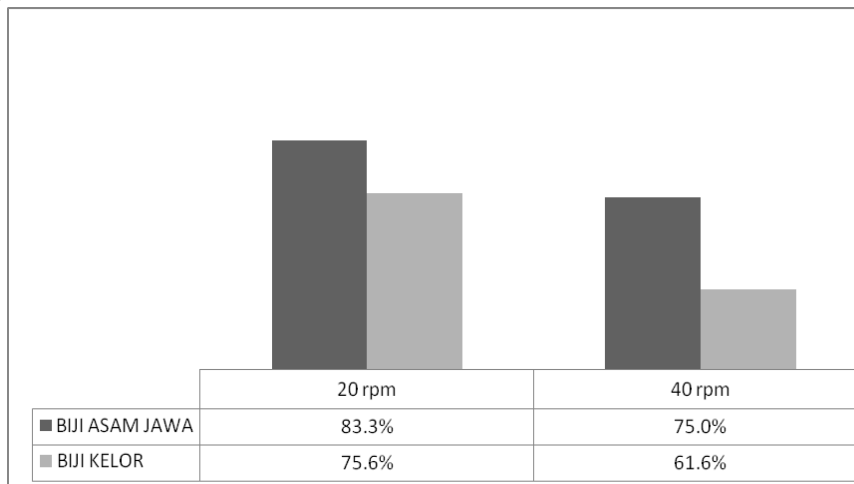
Dari grafik 7. diatas, efisiensi pemisahan TSS terendah terjadi pada biokoagulan Biji Kelor sebesar 50,0% pada dosis 1,5 gr/l dan tertinggi pada biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 75% pada dosis 3,5 gr/l. Efisiensi pemisahan konsentrasi TSS pada kedua biokoagulan dari pengaruh variasi dosis menunjukkan pola yang sama seperti disimpulkan dari hasil analisa statistik inferensi. Dari hasil analisa korelasi antara dosis biokoagulan Biji Asam Jawa dengan penurunan konsentrasi TSS menunjukkan hubungan yang kuat dan searah ($r = 0,925$), sedangkan dari nilai probabilitasnya menunjukkan hubungan yang tidak signifikan ($P\text{-value} = 0,008$). Artinya semakin banyak dosis,

semakin tinggi penurunan konsentrasi TSS. Begitu juga hasil uji Anova untuk variasi dosis biokoagulan Biji Asam Jawa menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam konsentrasi akhir TSS yang dihasilkan ($P\text{-value} = 0,002$ dan $F_{\text{output}} (48,91) > F_{\text{tabel}} (19,16)$). Untuk koagulan Biji Kelor juga mempunyai kesimpulan yang sama dimana hubungan antara dosis biokoagulan Biji Kelor dengan penurunan konsentrasi TSS menunjukkan hubungan yang kuat dan searah ($r = 0,739$), sedangkan dari nilai probabilitas menunjukkan hubungan yang signifikan ($P\text{-value} = 0,039$). Hasil uji Anova untuk variasi dosis biokoagulan Biji Kelor menunjukkan tidak adanya perbedaan yang

signifikan dalam konsentrasi akhir TSS yang dihasilkan (P-value = 0,05 dan , F output (18,17) < F tabel (19,16)).

Pada Biji Asam Jawa, semakin besar kecepatan putaran flokulasi tidak berpengaruh pada penurunan TSS. Dari hasil analisa korelasi antara kecepatan putaran dengan penurunan konsentrasi TSS pada setiap variasi dosis biokoagulan Biji Asam Jawa menunjukkan hubungan yang sedang dan berlawanan arah (r = - 0,330), sedangkan dari nilai probabilitasnya menunjukkan hubungan yang tidak signifikan (P-value = 0,523). Dari hasil uji Anova variasi kecepatan putaran pada biokoagulan Biji Asam Jawa menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan untuk penurunan konsentrasi akhir TSS (P-value = 0,073 dan F output (12,212) < F tabel (18,51)).

Hasil analisa korelasi antara kecepatan putaran dengan penurunan konsentrasi TSS pada setiap variasi dosis biokoagulan Biji kelor menunjukkan hubungan yang lemah dan berlawanan arah (r = - 0,650), sedangkan dari nilai probabilitasnya menunjukkan hubungan yang tidak signifikan (P-value = 0,162). Dari hasil uji Anova variasi kecepatan putaran pada biokoagulan Biji Kelor menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan untuk penurunan konsentrasi akhir TSS (P-value = 0,034 dan F output (28,05) > F tabel (18,51)). Tetapi terdapat perbedaan pengaruh kecepatan putaran flokulasi pada kedua biokoagulan menunjukkan pola berbeda pada dosis 3,5 gr/l seperti pada grafik berikut ini.



Grafik 8. Penurunan Konsentrasi TSS (mg/l) pada Dosis Biokoagulan 3,5 gr/l.

Dari grafik diatas terlihat Biji Asam Jawa dan Biji Kelor lebih mampu menurunkan TSS pada kecepatan putaran flokulasi yang rendah. Dengan peningkatan kecepatan putaran flokulasi, kemungkinan mempengaruhi proses pembentukan flok. Kecepatan putaran flokulasi mempengaruhi proses pembentukan flok-flok kecil yang telah terbentuk pada saat proses koagulasi menjadi flok-flok yang lebih besar. Kecepatan putaran flokulasi dinyatakan dengan gradien kecepatan, yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai. Nilai gradien kecepatan (G) untuk limbah adalah 10 – 75 /detik (Ali M dkk, 2002). Pada proses flokulasi, nilai gradien kecepatan diturunkan agar flok yang telah terbentuk tidak pecah kembali dan berkesempatan untuk bergabung dengan yang lain membentuk flok yang lebih besar lagi. Pada penelitian ini digunakan variasi kecepatan

putaran flokulasi 20 dan 40 rpm. Berikut ini adalah perhitungan nilai gradien kecepatan (G).

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \tag{1}$$

Dimana: K_T = konstanta impeller untuk flat blades, 2 blades, tanpa baffle (0,86)

$$n = 20 \text{ dan } 40 \text{ rpm}$$

$$D_i = 6,5 \text{ cm} = 0,065 \text{ m}$$

$$\rho = \text{untuk suhu } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 0,000037 \text{ Nm} / dt$$

$$G = \left(\frac{P}{\mu \cdot V} \right)^{1/2} \tag{2}$$

Dimana: μ = viskositas absolut untuk suhu 30°C adalah $0,8004 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot dt / m^2$

$$V = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$G = 9,6 / dt \approx 10 / dt \text{ untuk } n = 20 \text{ rpm}$$

$$G = 27,12 / dt \text{ untuk } n = 40 \text{ rpm}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa nilai gradien kecepatan (G) untuk kecepatan putaran flokulasi 20 rpm (10/dt) lebih kecil dibandingkan kecepatan putaran 40 rpm (27,12/dt). Nilai persentase penurunan TSS lebih tinggi pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm. Hal ini dapat disebabkan oleh pecahnya kembali flok yang telah terbentuk sehingga partikel-partikelnya kembali stabil dan gaya beratnya menurun yang pada akhirnya flok sulit mengendap.

Padahal, apabila ditinjau dari kriteria desain yang ada, kecepatan putaran 40 rpm memenuhi kriteria desain gradien putaran (G). Penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni (2006) menggunakan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai biokoagulan dalam pengolahan limbah tempe menunjukkan hasil yang sama. Kecepatan putaran flokulasi 20 rpm mampu meremoval kekeruhan hingga 71,97% sedangkan pada kecepatan 40 rpm, persentase removal tertinggi hanya mencapai 61,10%. Beranjak dari hal tersebut, diperlukan peninjauan lebih lanjut mengenai range kriteria desain untuk proses koagulasi – flokulasi menggunakan biokoagulan karena gradien putaran 27,12/detik (40 rpm) sudah tidak optimum dalam menurunkan TSS.

Koagulan Biji Asam Jawa dan Biji Kelor berfungsi mengikat partikel TSS yang tidak bisa mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Kemampuan biokoagulan dalam menurunkan TSS terdapat pada kemampuan adsorpsi dan netralisasi muatan koloid.

Umumnya, partikel – partikel tersuspensi/koloid dalam air buangan bermuatan listrik negatif. Adanya muatan-muatan pada permukaan partikel koloid menyebabkan pembentukan medan elektrostatis disekitar 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 mengadsorpsi 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. Karena penyebab kekeruhan salah satunya adalah partikel-partikel tersuspensi, sehingga dengan menurunnya kekeruhan akan menurun pula konsentrasi TSS.

Berbeda pada penurunan COD, biokoagulan Biji Kelor menunjukkan kemampuan yang lebih kecil dalam menurunkan TSS. Biji Kelor menunjukkan kemampuan menurunkan TSS yang paling tinggi (75,6%) pada dosis tinggi (3,5 mg/l) dan kecepatan flokulasi rendah (20 rpm). Hal ini menunjukkan kandungan protein dan logam –logam alkali dalam Biji Kelor mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam pembentukan presipitat dan flok. Namun demikian, dengan kecepatan putaran flokulasi yang tinggi, waktu juga akan berpengaruh terhadap kestabilan koloid. Seperti hasil penelitian Rambe A. M. (2009) menunjukkan bahwa penurunan kadar TSS limbah cuci jeans mencapai 83,69% menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm selama 12 menit. Hal ini terjadi karena meningkatnya tingkat kejenuhan dalam proses koagulasi diakibatkan karena pengikatan antar partikel koagulan dengan partikel tersuspensi dalam flok-flok tidak dapat berlangsung sempurna. Flok-flok yang telah terbentuk akan rusak (terpecah) kembali sehingga hasil pengendapan (sedimentasi) menjadi kurang optimal (Kuntiy, 2007 dalam Rosyidah C., 2008).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan tertinggi dalam menurunkan COD dan TSS ditunjukkan oleh biokoagulan Biji Asam Jawa. Efisiensi pemisahan COD yang dicapai sebesar 92,6% dan TSS sebesar 83,3% dengan dosis 3,5 mg/l dan kecepatan putaran 20 rpm. Biji Kelor lebih efektif sebagai biokoagulan untuk menurunkan kandungan TSS limbah cair

industri penyamakan kulit. Efisiensi pemisahan yang dicapai sebesar 75,6% dengan dosis 3 mg/l dan kecepatan putaran 20 rpm. Terdapat pengaruh yang signifikan dengan semakin banyaknya dosis biokoagulan. Efisiensi pemisahan COD dan TSS juga menunjukkan hasil yang lebih baik pada kecepatan putaran flokulasi yang rendah (20 rpm).

Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah masih perlu peninjauan faktor lain seperti waktu koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Selain itu, perlunya mengetahui pengaruh waktu flokulasi dengan variasi kecepatan putaran dan dosis biokoagulan.

Sehingga akan diperoleh kriteria desain yang optimal untuk mendapatkan kapasitas penurunan polutan yang lebih besar pada proses pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit secara Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Babu, R., Chaudhuri, M. "Home water treatment by direct filtration with natural coagulant." J. Water Health 3, 1 (2005): 27-30.
- Bhole, A.G. "Relative evaluation of a few natural coagulants". Journal SRT-Aqua 44, 6 (1995): 284-290.
- Enrico, Bernard. Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu. Tesis Program Studi Teknik Kimia, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. 2008
- Etih, Hartati, Sutisna, Mumu. S, dan Nursandi Winda. "Perbaikan Air Limbah Industri Farmasi Menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan PAC (Poly Aluminium Chloride)." Scientific e Journal Petra 4, 3 (2008): 68-73.
- Hidayat. "Protein Biji Kelor Sebagai Bahan Aktif Penjernih Air." Jurnal Biospecies 2, 2 (2009): 12-17.
- Masduqi, A. dan Agus, S. Satuan Operasi. Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP – ITS. 2002
- Nugeraha. Sumiyati, Sri. Samodra, Ganjar. "Pengolahan Air Limbah Kegiatan Penambangan Batu Bara Menggunakan Biokoagulan: Studi Penurunan Kadar TSS, Total Fe dan Total Mn Menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*)." Jurnal Presipitasi 7, 2 (2010): 57 – 61.
- Rambe, A. M. Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil. Tesis Program Studi Teknik Kimia, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. 2009
- Rosyidah, Cicik. Uji Dosis Serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Biokoagulan terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Aspek Fisik, Kimia, dan Bakteriologi. Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang. 2008
- Wahyuni, Ika. Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Dalam Proses Penurunan Kekeruhan Dan Kandungan Organik Limbah Cair Industri Tempe. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang. 2006

