

PENGUNAAN TEPUNG BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*) SEBAGAI BIOKOAGULAN UNTUK MENURUNKAN KADAR FOSFAT DAN COD PADA AIR LIMBAH USAHA LAUNDRY

Andre^{*)}, Irawan Wisnu Wardhana^{**)}, Endro Sutrisno^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
email: tanadiandre@gmail.com

Abstrak

Biji asam jawa mengandung beberapa komposisi yang membuat ia dapat digunakan sebagai biokoagulan. Zat aktif dalam biji asam jawa adalah tanin dan saponin yang berfungsi membunuh mikroba dan membentuk larutan koloidal. Biji asam jawa juga mengandung protein yang bekerja sebagai koagulan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh koagulan biji asam jawa pada variasi dosis tertentu, untuk menurunkan konsentrasi fosfat dan COD pada air limbah laundry melalui prosedur jar test. Variabel bebas penelitian adalah dosis koagulan: 2; 2,5; 3; 3,5; dan 4 gr/l untuk setiap 1000 ml sampel limbah. Kecepatan pengadukan ditetapkan pada 120 rpm selama 2 menit, dan 20 rpm selama 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimum biokoagulan ini adalah 3 gr/l untuk parameter fosfat dengan efisiensi penyisihan sebesar 59,64%, dan 3,5 gr/l untuk parameter COD dengan efisiensi penyisihan sebesar 52,47%. Berdasarkan analisis korelasi dan regresi, biji asam jawa sebagai koagulan memiliki 68,5% pengaruh terhadap penurunan COD air limbah laundry.

Kata kunci: biji asam jawa, COD, dosis optimum, fosfat, jar test, limbah laundry

Abstract

[The Use of *Tamarindus indica* Seed Powder as Biocoagulant to Reduce the Level of Phosphate and COD in Laundry Wastewater] Tamarind seed contains several compositions that make it works as a natural coagulant. The active substances in tamarind seed are tannin and saponin which serve to kill microbes and form a colloidal solution. Tamarind seed also has protein that acts as coagulant agent. This study was conducted to determine the effect of tamarind seed as a coagulant which came with a variety of doses, to reduce the concentration of phosphate and COD in laundry wastewater through the jar test procedure. The independent variables were coagulant doses: 2; 2,5; 3; 3,5; and 4 g/l per 1000 ml wastewater sample. Stirring speed was set at 120 rpm for 2 minutes, and at 20 rpm for 30 minutes. The result showed that the optimum dose for this natural coagulant was 3 g/l to remove phosphate at 59,64% efficiency, and 3,5 g/l to remove COD at 52,47% efficiency. Based on the correlation and regression analysis, tamarind seed as a coagulant agent was having 68,5% influence in laundry wastewater COD reduction.

Keywords: COD, jar test, laundry wastewater, optimum dose, phosphate, tamarind seed

1. Pendahuluan

Masyarakat di kota-kota besar cenderung memiliki jam kerja dan aktivitas yang tinggi sehari-harinya. Pola hidup yang sibuk ini bisa menyebabkan kurangnya waktu bagi masyarakat tersebut untuk mengurus rumah tangganya, sehingga mereka cenderung menggunakan layanan jasa rumah tangga, yang salah satunya adalah jasa cuci pakaian (*laundry*). Adanya peningkatan permintaan atas jasa ini menyebabkan usaha *laundry* berkembang pesat secara jumlah, yang sayangnya diikuti pula oleh

peningkatan limbah cair hasil pencucian pakaian. Limbah *laundry* dapat mencemari badan air dan tanah apabila dibuang langsung ke lingkungan, tanpa mendapatkan pengolahan yang tepat (Dessy, 2008).

Deterjen merupakan suatu derivatik zat organik dimana akumulasinya akan menyebabkan meningkatnya kandungan organik dalam air limbah *laundry*. Limbah dengan kandungan organik yang secara kontinyu mencemari badan air akan menimbulkan dampak negatif, seperti bau busuk, sarang sumber penyakit perairan, dan kualitas badan

air yang tidak sesuai dengan peruntukannya (*Said dalam Adillah, 2012*). Uji COD berguna untuk mengukur oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik pada limbah, dan secara praktikal bisa memberikan perkiraan teliti tentang zat pencemar yang dapat dioksidasi secara sempurna melalui proses kimia (*Mahida dalam Nugroho, 2014*). Zat yang dominan terkandung dalam deterjen adalah *polyphosphate* yang berfungsi sebagai *builder* dan surfaktan, sehingga limbah *laundry* ini pun mengandung fosfat (*HERA dalam Wardhana, 2014*). Fosfat sebagai elemen kunci nutrisi utama tanaman, jika jumlahnya berlebihan, maka akan mempercepat proses eutrofikasi yang menghasilkan fenomena *blooming* alga dan tumbuhan air seperti eceng gondok sehingga menghabiskan oksigen dalam air dan mengganggu ekosistem perairan tersebut (*Rosariawari, 2010*). Salah satu alternatif pengolahan limbah cair yang umum dikenal adalah pengolahan dengan prinsip koagulasi-flokulasi, dimana penggunaan biokoagulan bisa menjadi pilihan untuk menurunkan COD dan fosfat yang terkandung dalam air limbah hasil usaha cuci pakaian (*laundry*).

Penjernihan air secara koagulasi-flokulasi umumnya menggunakan koagulan garam aluminium (*Bratby dalam Rahman, 2014*). Namun, karena alasan terkait lingkungan maka banyak pihak yang meragukan penggunaan koagulan alum itu (*Letterman dalam Rahman, 2014*). Alternatif lainnya seperti garam besi dan polimer sintetik sesungguhnya mulai populer, namun aplikasinya masih tersandung faktor harga dan masalah lingkungan yang mungkin ditimbulkannya. Beberapa tahun ini, ketertarikan tentang koagulan alami dari tanaman telah meningkat khususnya dalam bidang pengolahan air dan limbah cair di banyak negara berkembang (*Jahn dalam Rahman, 2014*). Biokoagulan dinyatakan memiliki masa depan cerah dan menarik minat banyak peneliti karena jumlahnya yang melimpah, harganya yang rendah, ramah lingkungan, multifungsi, dan sifatnya yang *biodegradable* (*Madhavi, 2013*). Penggunaan ekstrak dari tanaman memiliki fungsi koagulasi dan antimikroba yang aman bagi kesehatan manusia (*Muyibi dalam Rahman, 2014*).

Pemilihan koagulan dari biji asam jawa adalah berdasarkan kandungan protein di dalamnya, dimana ia mampu berperan sebagai polielektrolit alami yang berfungsi mirip dengan koagulan sintetik (*Hendrawati, 2013*). Protein dalam biji asam jawa merupakan protein bermuatan positif yang berperan sebagai koagulan polielektrolit dalam proses koagulasi-flokulasi (*Eckenfelder dalam Januardi, 2014*). Penelitian mengenai tepung biji asam jawa sebagai koagulan alternatif ini merupakan kajian terhadap dosis optimum untuk menurunkan konsentrasi fosfat dan COD pada air limbah kegiatan jasa cuci pakaian. Penelitian ini dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan koagulan yang tepat dan ramah lingkungan untuk mengolah limbah cair usaha *laundry*.

2. Metode Penelitian

Tabel 1 Tujuan Operasional Penelitian

No.	Tujuan Penelitian	Data yang Dibutuhkan
1.	Menentukan dosis optimum dan efisiensi koagulan biji asam jawa untuk menurunkan konsentrasi fosfat dan COD pada air limbah <i>laundry</i>	- Nilai awal pH, konsentrasi fosfat dan COD air limbah <i>laundry</i> - Baku mutu limbah <i>laundry</i> - Dosis koagulan dan prosedur <i>jar test</i> - Nilai akhir pH, konsentrasi fosfat dan COD air limbah <i>laundry</i>
2.	Mendeskripsikan hubungan antara dosis koagulan biji asam jawa dengan penurunan konsentrasi fosfat dan COD pada air limbah <i>laundry</i>	- Nilai efisiensi kinerja koagulan - Nilai uji korelasi dan regresi

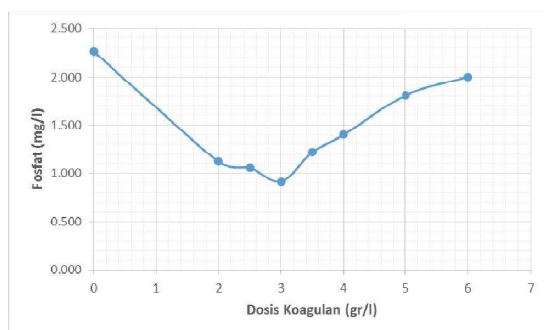
Penelitian ini secara garis besar meliputi lima tahapan. Tahapan pertama adalah persiapan bahan dan alat, mulai dari penyediaan bahan dan alat laboratorium, pembuatan koagulan dari tepung biji asam jawa, dan pengumpulan sampel limbah *laundry*. Selanjutnya adalah tahap pengukuran konsentrasi awal untuk parameter COD dan fosfat pada sampel. Tahap yang ketiga adalah melaksanakan *jar test*, mengacu pada prosedur standar dan penelitian terdahulu, untuk menguji kinerja koagulan. Setelah proses *jar test* selesai, penelitian berlanjut ke tahapan keempat yakni pengukuran konsentrasi supernatan untuk mengetahui nilai COD dan fosfat setelah perlakuan. Pekerjaan di tahap kelima, menggunakan data-data hasil pengukuran tadi, adalah melakukan analisis dan pembahasan tentang kualitas supernatan sampel akibat modifikasi variabel bebas penelitian, yaitu dosis koagulan tepung biji asam jawa.

3. Hasil dan Pembahasan

Desain *pretest-posttest* dengan grup kontrol digunakan dalam penelitian ini untuk memeriksa perubahan pada konsentrasi fosfat dan COD pada sampel limbah *laundry*, akibat pemberian berbagai variasi dosis koagulan. Grup eksperimen terdiri dari lima sampel air limbah *laundry* dengan volume masing-masing 1000 ml. Perlakuan pada grup eksperimen ini adalah penambahan koagulan biji asam jawa ke sampel limbah tersebut. Kelima sampel dalam grup eksperimen mendapatkan dosis yang berbeda-beda, yaitu: 2 gr/l; 2,5 gr/l; 3 gr/l; 3,5 gr/l; dan 4 gr/l. Grup kontrolnya adalah sampel limbah

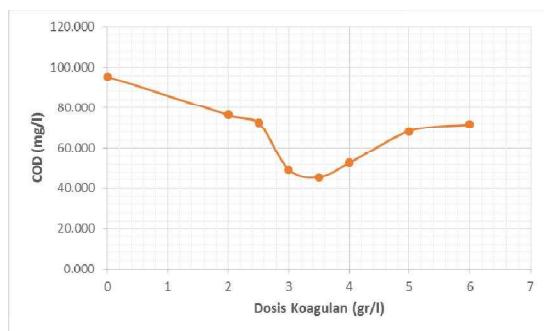
dengan volume 1000 ml, yang tidak menerima penambahan koagulan.

Selanjutnya kedua grup ini, eksperimen dan kontrol, pada waktu yang sama akan melalui prosedur *jar test* yang telah ditetapkan untuk mensimulasikan proses koagulasi-flokulasi. Pengadukan cepat akan berlangsung selama 2 menit pada 120 rpm. Pengadukan lambat akan berlangsung selama 30 menit pada 20 rpm, yang akhirnya diikuti oleh sedimentasi selama 60 menit. Pengukuran parameter fosfat dan COD dilakukan sebelum perlakuan/intervensi koagulan (*pretest*) dan sesudah fase sedimentasi (*posttest*).



Gambar 1 Grafik Variasi Konsentrasi Fosfat terhadap Variasi Dosis

Pada dosis 2; 2,5; dan 3 gr/l, koagulan biji asam jawa menunjukkan tren bahwa semakin bertambahnya dosis yang diberikan maka kandungan fosfat pada sampel air limbah *laundry* semakin menurun, dimana secara berturut-turut konsentrasinya adalah: 1,123 mg/l; 1,060 mg/l; dan 0,913 mg/l. Akan tetapi, tren ini tidak berlanjut pada pemberian koagulan dengan dosis 3,5 dan 4 gr/l. Kedua dosis ini menunjukkan hasil fosfat terukur sebesar 1,223 mg/l dan 1,399 mg/l, tidak lebih baik dari koagulan pada dosis 3 gr/l. Dosis terbaik untuk menurunkan konsentrasi fosfat pada sampel limbah *laundry* adalah pada 3 gr/l. Dosis ini mampu menurunkan rata-rata konsentrasi fosfat menjadi 0,913 mg/l dari kondisi semula yang sebesar 2,261 mg/l. Efisiensinya terhitung setinggi 59,64%.



Gambar 2 Grafik Variasi COD terhadap Variasi Dosis

Pada dosis 2; 2,5; 3; dan 3,5 gr/l, koagulan biji asam jawa menunjukkan tren bahwa semakin bertambahnya dosis yang diberikan maka COD pada sampel air limbah *laundry* semakin menurun, dimana secara berturut-turut konsentrasinya adalah: 76,310 mg/l; 72,554 mg/l; 49,298 mg/l; dan 45,440 mg/l. Akan tetapi, tren ini tidak berlanjut pada pemberian koagulan dengan dosis 4 gr/l. Dosis ini menunjukkan hasil COD terukur sebesar 52,643 mg/l, tidak lebih baik dari koagulan pada dosis 3,5 gr/l. Dosis terbaik untuk menurunkan COD pada sampel limbah *laundry* adalah pada 3,5 gr/l. Dosis ini mampu menurunkan rata-rata COD menjadi 45,440 mg/l dari kondisi semula yang sebesar 95,603 mg/l. Efisiensinya terhitung setinggi 52,47%.

Uji Korelasi dan Regresi

Tabel 2 Uji Korelasi antara Dosis Koagulan dengan Fosfat

		Correlations	
		Dosis Koagulan	Parameter Fosfat
Dosis Koagulan	Pearson Correlation	1	.622
	Sig. (2-tailed)		.055
	N	10	10
Parameter Fosfat	Pearson Correlation	.622	1
	Sig. (2-tailed)	.055	
	N	10	10

Berdasarkan *output* yang ditampilkan oleh tabel 2, maka penarikan kesimpulan dengan melihat nilai signifikansi adalah bahwa tidak terdapat korelasi yang signifikan antara dosis koagulan dengan konsentrasi fosfat karena nilai sig. 0,055 > 0,05. Program SPSS juga ternyata tidak menunjukkan tanda bintang pada koefisien korelasi Pearson, sehingga memberikan kesimpulan yang sama dengan berdasarkan nilai signifikansi.

Tabel 3 Uji Korelasi antara Dosis Koagulan dengan COD

		Correlations	
		Dosis Koagulan	Parameter COD
Dosis Koagulan	Pearson Correlation	1	-.828**
	Sig. (2-tailed)		.003
	N	10	10
Parameter COD	Pearson Correlation	-.828**	1
	Sig. (2-tailed)	.003	
	N	10	10

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Dengan melihat tabel 3, maka penarikan kesimpulan atas korelasi antara dosis koagulan dengan COD pada sampel limbah *laundry* adalah kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang signifikan. Variasi dosis koagulan biji asam jawa mempunyai korelasi signifikan dengan penurunan COD dalam sampel limbah, karena menghasilkan nilai sig. 0,003 < 0,05. Bukti adanya korelasi juga ditunjukkan oleh tanda bintang pada koefisien

korelasi Pearson, yang menunjukkan bahwa kedua variabel ini memang memiliki korelasi yang signifikan.

Tabel 4 Uji Regresi antara Dosis Koagulan dengan Fosfat

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.103	1	.103	5.041	.055 ^b
	Residual	.163	8	.020		
	Total	.266	9			

a. Dependent Variable: Parameter Fosfat

b. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan

Hasil uji regresi antara dosis koagulan dengan parameter fosfat menunjukkan nilai signifikansi 0,055, yaitu lebih dari nilai probabilitas 0,05 sehingga bisa dikatakan bahwa variabel dosis tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel fosfat. Analisis regresi ini juga menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,387 yang artinya dosis koagulan hanya memiliki pengaruh sebesar 38,7% terhadap penurunan konsentrasi fosfat, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel yang belum diketahui.

Tabel 5 Uji Regresi antara Dosis Koagulan dengan COD

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1108.501	1	1108.501	17.390	.003 ^b
	Residual	509.941	8	63.743		
	Total	1618.442	9			

a. Dependent Variable: Parameter COD

b. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan

Hasil uji regresi sebagaimana ditampilkan oleh tabel di atas, menunjukkan bahwa variabel dosis koagulan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap penurunan COD dalam limbah *laundry*. Nilai signifikansinya adalah 0,003, lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05. Koagulan dari biji asam jawa terhitung menyumbangkan pengaruh sebesar 68,5% ($R^2 = 0,685$) terhadap penurunan COD dalam sampel air limbah.

Berdasarkan pembahasan tentang dosis optimum dan efisiensi koagulan biji asam jawa, serta hubungannya dengan penurunan fosfat dan COD pada air limbah *laundry*, maka sebenarnya faktor dosis sangat berperan dalam tercapainya koagulasi-flokulasi yang baik. Variasi dosis yang diberikan terhadap sampel mampu menurunkan nilai fosfat dan COD. Agar simulasi koagulasi-flokulasi tersebut bisa berjalan maksimal, maka koagulan yang diberikan harus pada dosis optimum, yaitu dosis yang memberikan efisiensi tertinggi untuk menurunkan nilai fosfat dan COD.

Dosis terbaik koagulan biji asam jawa untuk mengolah limbah *laundry* adalah pada 3 – 3,5 gr/l untuk setiap 1000 ml air limbah, yang menghasilkan efisiensi *removal* 59,64% untuk fosfat dan 52,47% untuk COD. Variabel selain dosis, misalnya

kecepatan pengadukan dan karakteristik koagulan, memiliki kemungkinan untuk menciptakan koagulasi dan flokulasi yang maksimal dalam pengolahan limbah *laundry*. Dosis koagulan sendiri, ternyata tidak berasosiasi dan berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan fosfat. Sebaliknya pada penurunan COD, koagulan dari biji asam jawa ini mampu menunjukkan korelasi dan pengaruh yang signifikan dengan efisiensi *removal* setinggi 52,47%.

Penelitian ini memberikan hasil yang cukup berbeda apabila dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang sama-sama menggunakan koagulan alami dari biji asam jawa. Pada penelitian terdahulu didapatkan efisiensi penyisihan yang cukup tinggi, namun memang masih berbeda antara penelitian satu dengan lainnya. Perbedaan tersebut bisa dilihat pada tidak adanya standar yang sama untuk dosis koagulan dengan efisiensi yang diharapkan tercapai. Faktor kunci yang berpotensi menyebabkan hal ini adalah standarisasi metode persiapan koagulan terkait properti morfologinya, misalnya ukuran partikel dan bentuk permukaan ikat. Biomassa koagulan juga mempengaruhi proses koagulasi karena dengan meningkatnya dosis, maka jumlah partikel adsorben turut meningkat sehingga akan terdapat potensi adsorpsi yang lebih besar (Deepthi, 2015).

Koagulan biji asam jawa yang secara statistik tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan konsentrasi fosfat, mungkin memiliki hubungan terkait bentuk senyawa fosfat yang bisa mengalami perubahan. Fosfat memiliki bentuk sebagai *orthophosphate*, *polyphosphate*, dan fosfat organik (Tchobanoglous dalam Sihite, 2014). *Polyphosphate* bisa berubah bentuknya menjadi *orthophosphate*, yang kemudian bisa berubah lagi menjadi *condensed phosphate*, yang bersifat dispersive dan emulsify (Kaufmandalam Sihite, 2014).

Mekanisme kerja koagulan alami dari biji asam jawa meliputi dua tahapan utama, yaitu jembatanisasi polimer dan netralisasi muatan. Jembatanisasi polimer memerlukan permukaan bebas yang cukup pada partikel untuk terikat pada segmen polimer yang telah teradsorpsi di partikel lain. Jumlah yang teradsorpsi adalah pas, artinya jika terlalu banyak maka adsorpsi berikutnya tidak terjadi. Sebaliknya jika jumlah yang teradsorpsi terlalu sedikit maka tidak ada kontak antar partikel lain. Pemikiran ini yang melandasi konsep dosis optimum koagulan. Zat-zat pencemar dalam limbah cair umumnya memiliki muatan negatif sehingga polielektrolit bermuatan positif, seperti tepung biji asam jawa, adalah koagulan yang efektif. Interaksi elektrostatis menghasilkan adsorpsi yang kuat dan netralisasi pada permukaan partikel. Hal inilah yang memungkinkan terjadinya koagulasi-flokulasi sebagai hasil penggunaan biokoagulan yang berciri polielektrolit (Bolto, 2007).

Penelitian ini berhasil sampai pada evaluasi potensi koagulan alami dari tepung biji asam jawa untuk mengolah limbah *laundry*. Namun, ke depannya memang sangat penting untuk melakukan perbandingan antara efisiensi dari biokoagulan dengan koagulan kimia komersial yang umum digunakan. Keunggulan dari koagulan alami berasal dari kelemahan yang dimiliki oleh koagulan kimia komersial pada sisi biaya dan ketersediaannya. Terlebih, penelitian terbaru menunjukkan adanya peningkatan risiko kesehatan seperti penyakit Alzheimers dan neurodegeneratif, akibat meminum air yang mengandung residu aluminium hasil penggunaan koagulan alum (*Garcia-Fayos dalam Rahman, 2014*). Koagulan kimia juga menimbulkan lumpur dalam volume besar dan bersifat *nonbiodegradable*, hasil dari residu alum sulfat yang akan memerlukan fasilitas pengolahan berikutnya untuk mencegah kontaminasi lebih lanjut terhadap lingkungan (*Alo dalam Rahman, 2014*).

4. Kesimpulan

- 1) Dosis optimum koagulan dari biji asam jawa untuk menurunkan fosfat dan COD pada 1000 ml sampel air limbah *laundry*, secara berurutan, adalah 3 gr/l dan 3,5 gr/l, dengan efisiensi *removal* setinggi 59,64% dan 52,47%.
- 2) Pada penurunan fosfat, dosis koagulan hanya memiliki pengaruh 38,7% atau tidak berasosiasi dan tidak berpengaruh secara signifikan. Sebaliknya, dosis ternyata memiliki korelasi yang kuat dengan penurunan COD. Koagulan dari biji asam jawa memiliki pengaruh yang signifikan sebesar 68,5%, terhadap penurunan COD pada air limbah *laundry*.

5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian eksperimen ini dan analisis di dalamnya, maka perlu dilakukan pengujian terhadap berbagai variabel yang berpotensi menciptakan koagulasi-flokulasi yang lebih baik. Selain itu, perlu juga dilaksanakan penelitian mengenai standar penyiapan dan aktivasi biji asam jawa menjadi koagulan yang bernilai efektif, efisien, dan ekonomis.

Daftar Pustaka

- Adillah, K. W. 2012. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Pupuk Kaltim Prima Sangatta*. Surabaya: Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga
- Bolto, B. dan John Gregory. 2007. *Organic Polyelectrolytes in Water Treatment*. Water Research Vol. 41 No. 11
- Deepthi, P., et al. 2015. *Application of Natural Adsorbents for Wastewater Treatment*. International Journal of Research Vol. 2 No. 7
- Dessy, I. R. 2008. *Penurunan Kandungan Phosphate pada Limbah Cair Industri Pencucian Pakaian (Laundry) Menggunakan Karbon Aktif dari Sampah Plastik dengan Metode Batch dan Kontinyu*. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Hendrawati, dkk. 2013. *Penggunaan Biji Asam Jawa (Tamarindus indica) dan Biji Kecipir (Psophocarpus tetragonolobus) sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah*. Prosiding Semirata Universitas Lampung
- Januardi, R., dkk. 2014. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Kombinasi Serbuk Kelor (Moringa oleifera) dan Asam Jawa (Tamarindus indica)*. Jurnal Protobiont Vol. 3 No. 1
- Madhavi, T. P. dan R. Rajkumar. 2013. *Utilisation of Natural Coagulant for Reduction of Turbidity from Wastewater*. International Journal of ChemTech Research Vol. 5 No. 3
- Nugroho, S. Y. 2014. *Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Industri Pencucian Pakaian (Laundry) dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Filter Serat Plastik dan Tembikar dengan Susunan Random*. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Rahman, M. M., et al. 2014. *Removal of Turbidity from the River Water using Tamarindus indica and Litchi chinensis Seeds as Natural Coagulant*. International Journal of Environmental Protection and Policy, Special Issue: Nanomaterials and its applications, Vol. 2 No. 6-2
- Rosariawari, F. 2010. *Efektifitas Multivalen Metal Ions dalam Penurunan Kadar Phosphate sebagai Bahan Pembentuk Deterjen*. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UPN Veteran Jawa Timur
- Sihite, D. S. 2014. *Penurunan Kadar BOD dan Total Phosphate pada Limbah Industri Pencucian Pakaian (Laundry) dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Filter Serat Plastik dan Tembikar dengan Susunan Random*. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Wardhana, I. W., dkk. 2014. *Penggunaan Karbon Aktif dari Sampah Plastik untuk Menurunkan Kandungan Phosphate pada Limbah Cair (Studi Kasus: Limbah Cair Industri Laundry di Tembalang, Semarang)*. Jurnal PRESIPITASI Vol. 10 No. 1