

EFISIENSI POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC), ALUMINIUM SULFAT (TAWAS) DAN FERRO SULFATE SEBAGAI KOAGULAN DALAM MENURUNKAN TSS AIR LIMBAH RUMAH SAKIT

Hery Koesmantoro

(Prodi Kesehatan Lingkungan Magetan, Poltekkes Kemenkes Surabaya)

Noor Kamilatul Azizah

(Prodi Kesehatan Lingkungan Magetan, Poltekkes Kemenkes Surabaya)

Handoyo

(Prodi Kesehatan Lingkungan Magetan, Poltekkes Kemenkes Surabaya)

ABSTRAK

Pendahuluan: Bahan kimia seperti Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate banyak digunakan untuk mengurangi partikel Total Suspended Solids (TSS) dalam rangka mengurangi kekeruhan air. Koagulasi flokulasi dengan penambahan bahan kimia tersebut bertujuan membentuk flok untuk menggabungkan partikel yang sulit mengendap sehingga lebih cepat mengendap. **Metode:** Desain penelitian ini adalah One Group Pretest-Posttest, dengan tujuan mengetahui efisiensi PAC, tawas dan Ferro sulfat dalam menurunkan TSS air limbah rumah sakit. **Hasil:** Koagulan yang efektif dalam menurunkan kadar TSS adalah PAC 100 mg/l (TSS: 90,07%) dan tawas 100 mg/l (TSS: 73,65%). Standar penggunaan koagulan efektif jika dapat menyisihkan kekeruhan 50%. Dengan harga PAC Rp. 32.500,00/kg, tiap liter limbah cair diperlukan biaya Rp.3.250,00 dan tawas Rp. 12.500,00/kg, diperlukan biaya Rp. 1.250,00 per liter. Untuk koagulan Ferro Sulfate dosis efektif 50 mg/l (TSS: 21,53%) biaya Rp. 1.250,00 dan semakin besar dosis semakin keruh. **Kesimpulan:** Penurunan TSS koagulan PAC lebih baik dibanding tawas dan Ferro Sulfate. Keberadaan tawas dipasaran mudah didapat dibanding PAC dan Ferro Sulfate. Dari segi harga PAC dan Ferro Sulfate lebih mahal daripada tawas. Hasil uji statistik menyimpulkan ada perbedaan kemampuan di antara ketiga koagulan. **Saran:** Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang ketepatan dosis efektif PAC, tawas, dan ferro sulfat, pengaruh pH untuk berbagai sumber limbah cair industri.

Kata Kunci:

Koagulan PAC, Aluminium Sulfat, Ferro Sulfate, TSS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Koagulasi dan flokulasi merupakan suatu proses penambahan senyawa kimia yang bertujuan untuk membentuk flok yang ditambahkan ke dalam air atau limbah untuk menggabungkan partikel yang sulit mengendap dengan partikel lainnya sehingga memiliki kecepatan mengendap yang lebih cepat. Flok yang terbentuk akan disisihkan dengan cara sedimentasi. Koagulasi merupakan proses penambahan koagulan dan pengadukan cepat air yang diberi koagulan. Hasil dari proses koagulasi ini adalah destabilisasi partikel/koloid dan partikel - partikel halus lainnya yang terdapat dalam air. Flokulasi adalah proses pengadukan lambat terhadap partikel yang terdestabilisasi dan membentuk pengendapan flok dengan cepat. Keberlangsungan proses flokulasi diukur dari distribusi ukuran flok dan struktur flok (Gurses, 2003).

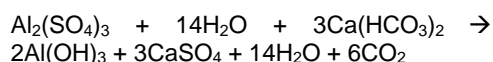
Beberapa bahan kimia juga telah ditemukan dalam usaha perbaikan kualitas air. Bahan-bahan kimia ini dikenal sebagai koagulan dan flokulan seperti Aluminium Sulfat (tawas), Poly Aluminium Chloride (PAC), Ferri Chloride, Kitosan, Ferro Sulfate, Poli Amida, Natrium Aluminat dan beberapa bentuk polimer lainnya.

Akhir-akhir ini salah satu bahan polielektrolit yang dikenal sebagai Poly Aluminium Chloride (PAC) semakin dikenal dipasaran dan semakin luas penggunaannya, baik untuk pengolahan air minum maupun untuk pengolahan air limbah. Tawas atau Aluminium Sulfat merupakan salah satu koagulan – flokulan yang umum dan sudah sejak lama digunakan untuk pengolahan air terutama untuk air minum. Sementara Ferro Sulfate juga mulai dikenal sebagai koagulan untuk menggumpalkan bahan-bahan yang ada dalam air limbah menjadi flok yang mudah untuk dipisahkan yaitu dengan cara diendapkan, diapungkan dan disaring.

Poly Aluminium Chloride adalah salah satu produk polimer Aluminium yang digunakan untuk menetralkan muatan koloid serta membentuk jembatan penghubung diantara koloid – koloid, sehingga proses koagulasi flokulasi dapat berlangsung dengan efisien. Poly Aluminium Chloride mempunyai rumus $Al_n(OH)_m(Cl)_{3n-m}$. Poly Aluminium Chloride efektif pada pH 5 – 10 dan mempunyai efek korosi yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan garam Aluminium biasa.

Pada penggunaan Aluminium Sulfat sebagai koagulan, air baku harus memiliki

alkalinitas yang memadai untuk bereaksi dengan Aluminium Sulfat menghasilkan flok hidroksida. Umumnya, pada rentang pH dimana proses koagulasi terjadi alkalinitas yang terdapat dalam bentuk ion bikarbonat. Reaksi kimia sederhana pada pembentukan flok adalah sebagai berikut:



Ferro Sulfate membutuhkan alkalinitas dalam bentuk ion hidroksida agar menghasilkan reaksi yang cepat. Senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan NaOH biasanya ditambahkan untuk meningkatkan pH sampai titik tertentu dimana ion Fe^{2+} diendapkan sebagai $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Limbah cair rumah sakit biasanya dikategorikan sebagai limbah domestik yang parameter limbah cair yang penting dan sering diamati adalah BOD, Suspended Solid (SS), nitrogen (amoniak) dan bakteri coli. Untuk mendapatkan kualitas efluen yang memenuhi syarat bahan mutu lingkungan diperlukan proses pengolahan yang memadai (DEPKES RI, 1993:5).

TSS yang tinggi menghalangi masuknya sinar matahari kedalam air, sehingga mengganggu proses fotosintesis menyebabkan turunnya oksigen terlarut yang dilepas kedalam air oleh tanaman. Jika sinar matahari terhalangi dari dasar tanaman akan berhenti memproduksi oksigen dan akan mati. TSS juga menyebabkan penurunan kejernihan air.

Efisiensi penggunaan bahan-bahan koagulan yang digunakan mempengaruhi limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan koagulasi. Maka diupayakan untuk mendapatkan koagulan yang efisien untuk menghemat biaya dengan hasil yang maksimal.

Tujuan penelitian ini adalah "Mengetahui Efisiensi Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate Sebagai Koagulan dalam Menurunkan TSS Air Limbah Rumah Sakit

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yaitu meneliti efisiensi Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate sebagai koagulan dalam menurunkan kadar TSS air limbah rumah sakit. Desain atau rancangan pada penelitian ini adalah Pra-Eksperimen dengan bentuk *One Group Pretest-Posttest*, dimana tidak ada kelompok pembanding (kontrol), tetapi paling tidak sudah dilakukan observasi pertama (*pretest*) yang

memungkinkan peneliti dapat menguji perubahan-perubahan yang terjadi setelah adanya eksperimen (Soekidjo Notoatmojo, 2005).

Sebagai populasi dalam penelitian ini adalah semua air limbah yang terdapat pada IPAL dan sampel dalam penelitian ini berasal dari sebagian air limbah yang ada di RSUD dr. Sayidiman Magetan yaitu limbah cair pada bak equalisasi. Replikasi sebanyak 3 kali. Koagulasi flokulasi dengan dosis masing-masing koagulan (50,75 dan 100) mg/l.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan pemeriksaan. Yaitu pengumpulan data dengan mengukur/memeriksa kadar TSS limbah cair rumah sakit sebelum dan sesudah pemberian koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate.

Pada penelitian ini, peneliti hanya mengukur suhu, pH dan menimbang bahan untuk koagulasi. Pemeriksaan kadar TSS limbah cair rumah sakit sebelum dan sesudah pemberian koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate dilakukan oleh petugas laboratorium.

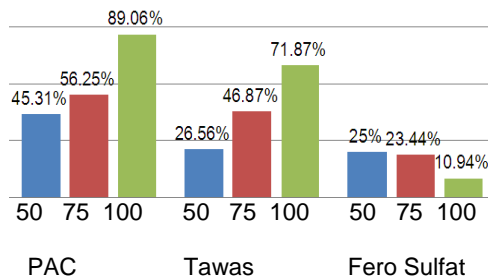
Analisis univariabel bertujuan untuk menjelaskan atau mendeskripsikan karakteristik setiap variabel penelitian. Bentuk analisis univariate yang digunakan yaitu: Analisis tabel yaitu menyusun data dalam bentuk tabel, analisis grafik yaitu menganalisis data dalam bentuk grafik. Analisis bivariabel dilakukan dengan menggunakan uji F (*one way Anova*) untuk mengetahui perbedaan kemampuan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate dalam menurunkan kadar TSS limbah rumah sakit dengan SPSS versi 17.

HASIL PENELITIAN

Dari Tabel 1 dan Gambar 1 dapat diketahui persentase penurunan kadar TSS air limbah sesudah penambahan 3 jenis koagulan yaitu Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate dengan masing-masing dosis (50, 75 dan 100) mg/l, yaitu yang paling baik menurunkan kadar TSS adalah koagulan PAC berdosis 100 mg/l yaitu dapat menurunkan kadar TSS hingga 57 mg/l dengan prosentasi sebesar 89,06%. Dan koagulan yang paling sedikit menurunkan kadar TSS adalah koagulan Ferro Sulfate berdosis 100 mg/l yang hanya menurunkan 7 mg/l dengan persentase 10,94%.

Tabel 1. Persentase Penurunan Kadar TSS Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan

Dosis (mg/l)	Kadar TSS Sebelum (mg/l)	Kadar TSS Sesudah (mg/l)	Penurunan TSS (%)
100	64	7	89,06
75	64	18	71,87
50	64	46	28,13
100	48	13	72,92
75	48	16	66,67
50	48	37	22,92

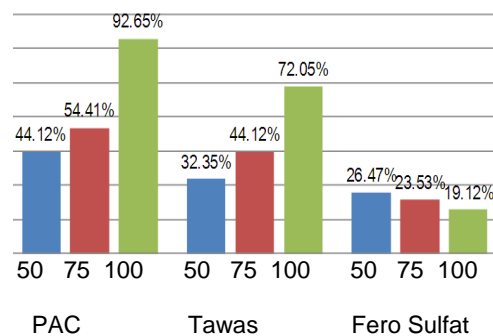


Gambar 1. Persentase Penurunan Kadar TSS Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan (Selasa, 8 Mei 2012)

Dari Tabel 2 dan Gambar 2 dapat diketahui bahwa persentase penurunan kadar TSS air limbah sesudah penambahan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate dengan masing-masing dosis (50, 75 dan 100) mg/l, yang paling banyak mengalami penurunan TSS adalah dengan menggunakan koagulan PAC berdosisi 100 mg/l yaitu dengan penurunan sebesar 92,65% atau 63 mg/l. Sementara koagulan Ferro Sulfate dengan dosis 100 mg/l hanya dapat menurunkan TSS 13 mg/l atau 19,12%.

Tabel 2. Persentase Penurunan Kadar TSS Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan

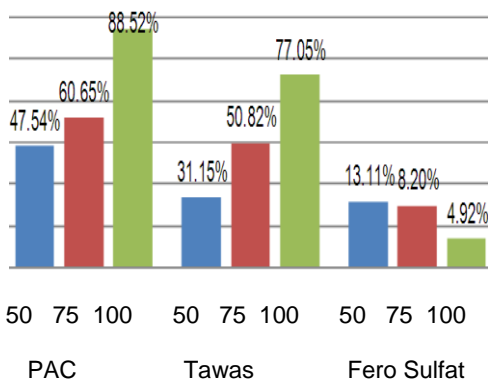
Dosis (mg/l)	Kadar TSS Sebelum (mg/l)	Kadar TSS esudah (mg/l)	Penurunan TSS (%)
100	68	5	92,65
75	68	19	72,05
50	38	55	20,29
100	46	63	26,09
75	46	30	34,78
50	30	49	36,67



Gambar 2. Persentase Kenurunan Kadar TSS Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan

Tabel 3. Persentase Penurunan Kadar TSS Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan

Dosis (mg/l)	Kadar TSS Sebelum (mg/l)			Kadar TSS Sesudah (mg/l)			Penurunan TSS (%)		
	PAC	Tawas	Ferro Sulfate	PAC	Tawas	Ferro Sulfate	mg/l	(%)	(%)
50	61	32	42	54	29	19	47,54	47,54	31,15
75	61	24	30	37	29	19	60,65	60,65	50,82
100	61	7	14	54	5	3	88,52	88,52	4,92



Gambar 3. Persentase Penurunan Kadar TSS Air Limbah Sesudah Penambahan Koagulan

Dari Tabel 3 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa persentase penurunan kadar TSS air limbah sesudah penambahan 3 jenis koagulan yaitu Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate dengan masing – masing dosis (50, 75 dan 100) mg/l , yaitu koagulan jenis PAC dengan dosis 100 mg/l dapat menurunkan TSS paling besar dengan penurunan sebesar 88,52% atau 88,52%. Sementara koagulan yang kemampuannya paling sedikit dalam menurunkan kadar TSS adalah Ferro Sulfate berdosisi 100 mg/l yaitu hanya menurunkan 3 mg/l atau 4,92%.

Hasil uji statistik menunjukkan signifikansi 0,00 (<0,05), maka Ho ditolak, sehingga disimpulkan ada perbedaan kemampuan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate dalam menurunkan kadar TSS limbah rumah sakit.

PEMBAHASAN

Pemeriksaan kadar TSS air limbah RSUD dr. Sayidiman Magetan selama 3 hari adalah (64, 68 dan 61) mg/l. Dengan kadar TSS yang tinggi, maka diperlukan pengolahan menggunakan bahan dan dosis yang tepat agar memenuhi baku mutu limbah Rumah Sakit SK GUB. JATIM NOMOR 61/1999 yaitu untuk kadar TSS sebesar 30 mg/l sebelum dibuang ke badan air. Dalam proses koagulasi flokulasi pemeriksaan ini digunakan 3 jenis koagulan yaitu Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate dengan tujuan agar partikel-partikel menjadi tidak stabil setelah proses netralisasi, koagulasi ini disebabkan oleh ion-ion yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan partikel koloid yang dalam hal ini ion-ion koagulan yang positif menetralkan muatan negatif pada koloid. Flok yang terbentuk pada proses netralisasi disebut dengan flok polimer atau flok koagulan dan selanjutnya ukuran flok diperbesar melalui jembatan antara partikel yang disebut dengan flok sekunder dan terbentuk sisa-sisa endapan, sehingga air menjadi lebih jernih.

Dari ketiga jenis koagulan dan variasi dosis (50 mg/l, 75 mg/l dan 100 mg/l) yang paling baik menurunkan kadar TSS adalah Poly Aluminium Chloride (PAC) berdosisi 100 mg/l dengan penurunan sampai 92,65%. PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan yang lain (seperti Aluminium Sulfat Dan Ferro Sulfate) bila dosis berlebihan bagi air yang mempunyai kekeruhan yang rendah akan bertambah keruh. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa, ini diakibatkan dari gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat.

Sementara diantara 3 jenis koagulan dan variasi dosis yang paling sedikit pengaruhnya dalam menurunkan kadar TSS adalah Ferro Sulfate berdosisi 100 mg/l yaitu ada yang hanya menurunkan 4,92%. Semakin besar dosis yang diberikan maka penurunan TSS semakin kecil. Hal ini disebabkan karena adanya endapan besi

yang berwarna kuning. Pada pemeriksaan TSS yang disaring pada kertas saring terlihat endapan warna kuning yang menempel.

Di tinjau dari segi efisiensi koagulan yang digunakan untuk penurunan kadar TSS limbah cair dari ketiga jenis koagulan adalah koagulan Aluminium Sulfat (tawas). Hal ini dipertimbangkan dari segi harga yang lebih murah dari pada 2 jenis koagulan yang lain.

Koagulan dapat dikatakan efektif apabila dapat menyisihkan kekeruhan sebanyak 50%. Koagulan yang efektif dalam menurunkan kadar TSS adalah koagulan PAC dosis 75 mg/l dan 100 mg/l serta koagulan tawas dosis 100 mg/l. Dengan harga PAC Rp. 32.500,00 per kg dan tawas Rp. 12.500,00 per kg. PAC dosis 75 mg/l telah memenuhi kriteria efektif karena dapat menyisihkan kadar TSS rata-rata 57,1% dengan biaya Rp.2.437,5 per liter. Akan tetapi hal ini belum efisien, sebab koagulan tawas dosis 100 mg/l hanya memerlukan biaya Rp.1.250 per liter serta dapat menyisihkan kadar TSS rata-rata 73,65%.

Selain itu keberadaan Aluminium Sulfat (tawas) mudah didapat. Walaupun dalam penurunan TSS masih lebih baik koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC). Akan tetapi keberadaan Poly Aluminium Chloride (PAC) belum seluas keberadaan Aluminium Sulfat (tawas), sehingga agak sulit untuk memperolehnya di samping harganya yang juga mahal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Dari 3 jenis koagulan yaitu Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat (tawas) dan Ferro Sulfate terdapat perbedaan dalam menurunkan kadar TSS limbah cair rumah sakit. PAC dan tawas, semakin besar dosis semakin baik dalam menurunkan kadar TSS limbah cair rumah sakit. Sementara Ferro Sulfate semakin besar dosis maka semakin sedikit pengaruhnya terhadap penurunan kadar TSS limbah cair rumah sakit.
- 2) Poly Aluminium Chloride (PAC) dan Aluminium Sulfat (tawas) dosis 100 mg/l adalah dosis yang efektif dalam menurunkan kadar TSS limbah cair rumah sakit, yaitu PAC dapat menurunkan kadar TSS sampai 92,65% dan tawas 77,05%. Sementara Ferro Sulfate yang terbaik hanya menurunkan sebesar 26,47%.

- 3) Koagulan yang baik untuk menurunkan kadar TSS limbah cair rumah sakit diantara 3 jenis koagulan adalah koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC).
- 4) Dari segi efisiensi untuk menurunkan kadar TSS limbah cair Rumah Sakit dipandang dari segi kemampuan menurunkan kadar TSS, harga dan keberadaan koagulan adalah koagulan Aluminium Sulfat (tawas).

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang ketepatan dosis efektif PAC, tawas dan Ferro Sulfate, pengaruh pH untuk berbagai sumber limbah cair industri

DAFTAR PUSTAKA

- Djabu, Udin dkk, 1990/1991. *Pedoman Bidang Studi Pembuangan Tinja dan Air Limbah Pada Institusi Pendidikan Sanitasi/Kesehatan Lingkungan*. Jakarta. DEPKES RI.
- Notoatmojo, DR Soekidjo, 2005. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta, PT Rineka Cipta.
- Purdiono. 2011. *Efektifitas Ekstrak Daun Babadotan (Ageratum conyzoides) terhadap Kematian Lalat Hijau (Lucilia illustris)*. Magetan.
- Purwanto, Didik Sugeng ST, MT, 2004. *Pengelolaan Limbah Cair Teori Praktis Untuk Calon Tenaga Sanitasi*. Surabaya _____, 2006. *Pengolahan Limbah Cair*. Surabaya. Duatujuh.
- Sakti A. Siregar, 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. KANISIUS, Yogyakarta
- Tugijono et al, 1993. *Pedoman Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit*. Jakarta.3-7.
- Anonim, 2008. *Bahan Kimia Penjernih Air*. <http://smk3ae.wordpress.com/2008/08/05/bahan-kimia-penjernih-air-koagulan/>. Diakses pada hari jum'at, 10 februari 2012 pukul 10.36 WIB
- _____, 2008. *PDAM Ganti Tawas dengan PAC*. <http://www.radarbanten.com/mod.php?mod=publisher&op=viewarticle&artid=2827>. Diakses pada hari senin, 5 maret 2012 pukul 15.15 WIB
- _____, 2009 <http://www.pdam-sby.go.id/bulekbasandieng.wordpress.com> . Diakses pada hari Selasa, 24 januari 2012 pukul 19.34 WIB
- Ayuningtyas Dewi, Ratna, 2009. *Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD dr. Moewardi Surakarta*. <http://eprints.uns.ac.id/102/1/1677505092>

- 01008401.pdf. Diakses pada hari kamis, 9 februari 2012 pukul 20.29 WIB
- Khasanah, Uswatun, 2008. *Efektifitas Biji Kelor (Moringa Oleifera, LAMK) Sebagai Koagulan Fosfat Dalam Limbah Cair Rumah Sakit*. <http://lib.uin-malang.ac.id/thesis/fullchapter/03530023-uswatun-khasanah.pdf>. Diakses pada hari jum'at, 10 februari 2012 pukul 5.15 WIB
- Manurung, Jeplin, 2009. *Studi Efek Jenis dan Berat Koagulan terhadap Penurunan Nilai COD dan BOD Pada Pengolahan Air Limbah Dengan Cara Koagulasi*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/13922/1/09E02477.pdf>. Diakses pada hari jum'at, 10 februari 2012 pukul 5.35 WIB
- Purba, Margareth E.K, 2009. *Analisis Kadar Total Suspended Solid (TSS), Amoniak (NH₃), Sianida (CN) dan Sulfida (S²⁻) pada Limbah Cair BAPEDALDASU*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/13897/1/09E02381.pdf>. Diakses pada hari minggu, 11 maret 2012 pukul 13.49 WIB
- Risdianto, Dian, 2007. *Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu*. http://eprints.undip.ac.id/17016/1/Dian_Risdianto.pdf. Diakses pada hari jum'at, 10 februari 2012 pukul 7.47 WIB
- Said, Muhammad, 2009. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC)*. Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan. (<http://ipsmipaunsri.files.wordpress.com/2010/08/0838-43-c-said-ganjil.pdf>). Diakses pada hari rabu, 22 Pebruari 2012 Pukul 20.10 WIB.
- Setijorini, Agus, 1995. *Optimalisasi Perbandingan Campuran Aluminium Sulfat (Tawas) Dan Poly Aluminium Chloride Pada Proses Koagulasi-Flokulasi Air Baku Sungai Kaligarang Kotamadia Semarang Dengan Kekeruhan 500 NTU*. <http://eprints.undip.ac.id/13048/>. Diakses pada hari senin, 20 februari 2012 pukul 11.02 WIB
- Susana, Eni and Suyaningsih, Tri, 2010. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Rambut Palsu Dengan Cara Kl*. Undergraduate thesis, Teknik Kimia UNDIP. http://eprints.undip.ac.id/11460/1/Skripsi_Penelitian.pdf. Diakses pada hari jum'at, 10 februari 2012 pukul 11.10 WIB
- Widaryana, I Dewa Made, 1995. *Studi Eksperimen Tentang Efektifitas Tawas Dan Poly Aluminium Chloride Dalam*
- Menurunkan Kekeruhan Air*. Undergraduate thesis, Diponegoro University. <http://eprints.undip.ac.id/13056/>. Diakses pada hari senin, 27 februari 2012 pukul 20.14 WIB