

**PEMANFAATAN ALUM DARI LIMBAH *BUFFING* SEBAGAI  
KOAGULAN UNTUK MENYISIHKAN KEKERUHAN DAN *TOTAL  
SUSPENDED SOLID (TSS)***

***THE USE OF ALUM FROM BUFFING WASTE AS COAGULANT FOR  
TURBIDITY AND TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) REMOVAL***

**Yunita Pertiwi<sup>1</sup> dan Suprihanto Notodarmojo<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung  
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132  
<sup>1</sup>pertiwi.yunita@gmail.com, <sup>2</sup>suprihanto@tl.itb.ac.id

**Abstrak:** Limbah *buffing* berasal dari proses finishing industri suku cadang otomotif dengan kandungan logam yang dominan yaitu 65,11% Aluminium. Kandungan Aluminium yang tinggi pada limbah *buffing* merupakan sumberdaya potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan koagulan berbasis logam. Pada penelitian ini, akan dipelajari studi pemanfaatan limbah *buffing* sebagai koagulan dan studi mekanisme proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan tersebut. Pembuatan koagulan menggunakan 2 metode yang akan menghasilkan 109,4747 gram  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  dari 25 gram limbah *buffing* dan 62,8811 gram  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$  dari 20 gram limbah *buffing*. Koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  mengandung sulfat 44,3%, 7% Al, dan kadar air 19,45%. Sedangkan koagulan metode II, yaitu  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$  mengandung sulfat 31,9%, 5,04% Al, dan kadar air 34,95%. Pada aplikasi untuk air baku dalam pengolahan air minum, dosis optimum untuk koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  adalah 30 mg/L dan koagulan  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$  adalah 50 mg/L. Efisiensi penyisihan kekeruhan terbesar pada koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  dengan tingkat penyisihan 99,17%, dan memiliki kemampuan menyisihkan Total Suspended Solid (TSS) hingga <1,0 mg/L dengan tingkat penyisihan 99,29%. Karakteristik floc yang terbentuk pada kondisi optimum proses koagulasi-flokulasi, memiliki rata-rata ukuran partikel  $\pm 0,01 \text{ mm}^2$  pada proses koagulasi kemudian berturut-turut mengalami pada proses flokulasi pembesaran menjadi  $\pm 0,04 \text{ mm}^2$ ,  $\pm 0,45 \text{ mm}^2$ ,  $\pm 1,1 \text{ mm}^2$  dan pada akhir proses flokulasi berukuran  $1,9 \text{ mm}^2$ . Kecepatan pengendapan rata-rata partikel floc dengan menggunakan koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  adalah 0,052 – 0,486 cm/detik dan 0,052 – 0,289 cm/detik dengan menggunakan koagulan  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ . Selama 45 menit pengendapan, volume lumpur yang dihasilkan apabila menggunakan koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  4,43 mL/L air baku dan 5 mL/L air baku untuk koagulan  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ .

**Kata kunci:** limbah *buffing*, koagulan, koagulasi-flokulasi, kekeruhan, TSS

**Abstract:** Buffing waste derived from industrial finishing processes of automotive parts containing 65,11% aluminium. The content of Al are high on buffing waste is a potential resource to be used as raw materials for metal-based coagulants. In this study, will be studied buffing waste as coagulant and coagulation-flocculation mechanism using buffing waste coagulant. There are 2 methods to produce coagulant that will produce a coagulant  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  and  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ . Coagulant  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  containing 44.3% sulfate, 7% Al, and moisture content is 19.45%. While coagulant method II, the  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$  containing 31.9% sulfate, 5.04% Al, and moisture content is 34.95%. In the application to the raw water in the drinking water treatment, the optimum dose for coagulant  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  is 30 mg /L and coagulant  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$  was 50mg/L. Turbidity removal efficiency largest in coagulant  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  with 99.17% turbidity removal rate, and have the ability to set aside Total Suspended Solid (TSS) to <1.0 mg/L with 99.29% removal rate. Floc characteristics formed at the optimum conditions coagulation-flocculation process, having an average particle size of  $0,01 \text{ mm}^2$  on the coagulation process then becomes an enlarged consecutive  $\pm 0.04 \text{ mm}^2$ ,  $\pm 0.45 \text{ mm}^2$ ,  $\pm 1.1 \text{ mm}^2$ , and the size at the end of flocculation process is  $1.9 \text{ mm}^2$ . The average settling velocity of floc particles using coagulant  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  is 0.052 to 0.486 cm/sec and 0.052 to 0.289 cm/sec by using coagulant  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ . The volume of sludge produced using coagulant  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  is 4.43 mL/L of raw water and 5 mL/L of raw water using coagulant  $KAl(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ .

**Keywords:** buffing waste, coagulant, coagulation-flocculation, Turbidity, TSS

## PENDAHULUAN

Untuk pemenuhan kebutuhan manusia akan air minum, kebanyakan masyarakat dan industri memperoleh air dari permukaan perairan (sungai, danau, waduk) dan air tanah. Masalah utama dalam pemanfaatan air permukaan adalah kualitasnya yang kurang baik dan cenderung menurun dari waktu ke waktu akibat pencemaran (Notodarmojo, 2004). Seperti halnya permasalahan di negara berkembang yaitu sulitnya mendapatkan kualitas air yang baik dengan harga yang relatif murah karena banyak air baku yang memiliki kekeruhan yang sangat tinggi (Pise, 2008), sehingga perlu pengolahan untuk menyisihkan kekeruhan dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang umumnya dicapai dengan menggunakan koagulasi dengan garam logam diikuti oleh agregasi partikel melalui flokulasi (Arnoldsson, 2008).

Tujuan utama proses koagulasi adalah untuk mendestabilisasi partikel sehinggadapat bergabung dengan partikel lain untuk membentuk agregat yang lebih besar yang akan lebih mudah mengendap dan lebih mudah disisihkan lewat proses filtrasi (Notodarmojo, 2007). Mekanisme dari proses koagulasi antara lain reduksi nilai zeta potensial (elektrokinetik), ikatan antar partikel (orthokinetik), dan pembentukan flok (Pernitsky, 2003), sedangkan tujuan dari proses koagulasi adalah mendestabilisasi partikel koloid. Dalam fase cair, seperti pada air permukaan, koloid biasanya memiliki muatan negatif (Coruh, 2005), untuk mendestabilisasi partikel koloid tersebut diperlukan suatu zat dengan muatan positif. Aluminium (misalnya  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$ ) dan garam besi sebagian besar digunakan sebagai reagen koagulan karena memiliki muatan positif (Arnoldsson, 2008).

Koagulan banyak digunakan dalam pengolahan air (Wang, *et al.*, 2008). Limbah yang banyak mengandung logam Al dan Fe merupakan bahan baku yang berpotensi untuk dijadikan koagulan untuk mengolah air produksi dan air limbah (Ling Li *et al.*, 2009), salah satunya yaitu limbah *buffing*. *Buffing* merupakan suatu proses finishing yang bertujuan menghaluskan suatu permukaan dengan menggunakan benda kasar dan roda (Oberge *et al.*, 2000). Berdasarkan lampiran 2 Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999, limbah *buffing* termasuk dalam limbah B3 sehingga memerlukan penanganan khusus dalam pengolahannya.

Ditinjau dari komposisi oksida logam yang dominan, limbah *buffing* terdiri dari oksida logam besi, aluminium dan logam-logam yang lain. Kandungan Al dan Fe yang tinggi pada limbah *buffing* merupakan sumberdaya potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan koagulan berbasis logam, salah satunya adalah alum. Koagulan berbasis logam Al dan Fe sudah dikenal dan digunakan secara luas dalam pengolahan air. Garam aluminium dan besi akan membentuk gelatin hidroksida logam yang mampu mengendapkan partikel koloid (Corbitt, 2004).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sunantio pada tahun 2010, limbah *buffing* dimanfaatkan sebagai bahan baku koagulan tetapi belum dipelajari tentang bagaimana mekanisme koagulasi-flokulasinya. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dipelajari pemanfaatan limbah *buffing* sebagai bahan baku pembuatan koagulan akan dilakukan studi mekanisme proses koagulasi-flokulasi dalam penyisihan kekeruhan dan *Total Suspended Solid* (TSS) menggunakan koagulan tersebut. Sehingga diharapkan dapat menjadi salah satu upaya untuk mencegah pencemaran oleh limbah *buffing* namun juga dapat menghemat sumberdaya dan energi yang menguntungkan untuk kehidupan.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu tahap persiapan, penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Tahap persiapan meliputi karakterisasi limbah *buffing*. Pada tahap penelitian pendahuluan dilakukan pembuatan dan karakterisasi koagulan dari limbah *buffing*. Sedangkan pada tahap penelitian utama dilakukan percobaan mengenai pemanfaatan koagulan dari limbah *buffing* pada air baku dan dilakukan penentuan dosis optimum.

### Pengambilan Limbah *Buffing* dan Karakterisasi

Sampel limbah *buffing* berupa serbuk diperoleh dari salah satu industri pembuatan komponen-komponen otomotif dan *shock breaker*, yaitu PT. Showa Indonesia Manufacturing (Jl. Jababeka XVI U 6, Kawasan Industri JABABEKA, Cikarang, Bekasi, Jawa Barat 17530). Uji kandungan logam berat dan

oksida logam di dalam limbah *buffing* diukur dengan menggunakan metode AAS (Spektrofotometer Serapan Atom) dan gravimetri.

### **Pembuatan Koagulan dan Karakterisasi**

Pembuatan koagulan limbah *buffing* ini menggunakan 2 metode, yaitu :

1. Pada metode I, sampel limbah *buffing* direaksikan dengan asam sulfat sebanyak 250 mL. Percobaan yang dilakukan menggunakan sample sebanyak 25 gram. Proses pelindian selama 3 jam dengan temperatur 105°C. Lindi yang dihasilkan dari pelindian kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan dilakukan evaporasi dengan *waterbath* untuk mendapatkan koagulan padatan. (Sunantio, 2010)
2. Pada metode II ini, limbah *buffing* sebanyak 20 gram ditambahkan KOH 20% (larutan bening) sebanyak 200 mL. Dilakukan pemanasan dengan temperatur 90°C selama 3 jam. Larutan tersebut selanjutnya disaring dan didinginkan. Kemudian ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6M secara perlahan sambil diaduk. Setelah itu, larutan didinginkan di dalam es. Kristal tawas yang terbentuk, kemudian dicuci dengan etanol 95% (Manurung, 2010)

Sebelumnya dilakukan uji pengaruh temperatur, konsentrasi asam, dan waktu yang paling optimum yang akan digunakan dalam proses pelindian limbah *buffing* dalam pembuatan koagulan. Karakteristik fisik dan kimia koagulan meliputi uji kadar air (hidrat) serta analisis total logam diukur dengan menggunakan metode AAS (Spektrofotometer Serapan Atom) dan oksida logam dengan gravimetri.

### **Pengambilan Sampel Air Baku dan Karakterisasi**

Sampel merupakan Air baku PDAM Tirtawening Kota Bandung pada outlet pra sedimentasi. Pada saat pengambilan sampel dicatat tanggal, waktu, dan lokasinya. Kemudian dilakukan pemeriksaan awal (karakterisasi awal) terhadap sampel yang diperoleh. Karakterisasi air baku dilakukan dengan mengukur beberapa parameter yang antara lain temperatur (SNI 06-6989.23-2005), pH (SNI 06-6989.11-2004), kekeruhan (SK SNI M-03-1989-F), konduktivitas (SNI 06-6989.1-2004), *Total Suspended Solid* (SNI 06-6989.3-2004), dan *Total Dissolve Solid* (SK SNI M-03-1989-F).

### **Penentuan Kondisi Optimum Proses Koagulasi dan Flokulasi**

Kondisi optimum ditentukan dengan beberapa parameter antara lain pH, kekeruhan, TSS, dan TDS, dengan menggunakan percobaan *jar test* dengan kecepatan 250 rpm selama 1 menit dan 60 rpm selama 15 menit. *Jar test* merupakan proses untuk mengetahui kondisi optimum dari proses koagulasi dan flokulasi (Rui, 2012). Untuk pengukuran pH dilakukan 5 menit setelah proses flokulasi dimulai dan flok dibiarkan mengendap selama 45 menit setelah proses koagulasi-flokulasi selesai (Baghvand, 2010). Variasi yang dilakukan adalah dosis koagulan yang digunakan (10, 20, 30, 40, 50, dan 60 mg/L).

### **Perbandingan daya koagulan hasil pemanfaatan limbah *buffing* dengan koagulan komersial**

Daya koagulasi dari koagulan pemanfaatan limbah *buffing* yang telah dibuat kemudian dibandingkan dengan koagulan komersial Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.12H<sub>2</sub>O. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat *jar test* (Shapally, 2010).

### **Kecepatan Pengendapan dan Ukuran Flok**

Percobaan laju pengendapan dilakukan untuk melihat penyisihan padatan-cairan yang dilihat dari tinggi permukaan cairan dalam kolom pengendapan (Shapally, 2012). Dalam *Standard Methods*, ukuran kolom pengendapan yang direkomendasikan yaitu dengan tinggi 1m dan diameter 10 cm (APHA, 1998 dalam Shapally, 2012). Sedangkan percobaan ini digunakan gelas ukur dengan volume 1L yang memiliki tinggi sekitar 41 cm dan diameter 6 cm (Muyibi et al., 2001 dalam Shapally 2012). Flok dibiarkan mengendap selama 45 menit setelah proses koagulasi-flokulasi selesai (Baghvand, 2010). Pengukuran dilakukan setiap 5 menit setelah proses koagulasi flokulasi selesai. Untuk mengetahui diameter flok pada setiap variasi digunakan mikroskop cahaya 4x dan 10x sesuai dengan ukuran flok yang diamati.

### Analisis Jumlah Lumpur yang Dihasilkan

Berdasarkan *Standard Methods* No.2710, pengukuran jumlah lumpur yang dihasilkan (*sludge volume index*) dilakukan dengan menggunakan corong *imhoff tank*. Untuk mengetahui SVI dilakukan percobaan dengan mengendapkan air baku setelah proses *jar test* sebanyak 1 liter, kemudian mencatat jumlah volume lumpur yang terjadi dalam proses pengendapan setiap 5 menit selama 45 menit.

### Analisa Zeta Potensial

Zeta potensial adalah parameter elektrodinamika dari partikel koloid yang sangat penting dalam koagulasi dalam pengolahan air (Zhang et al, 2008). Pengukuran zeta potensial menggunakan zeta potensial meter yang ada di Laboratorium Farmasi, Institut Teknologi Bandung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Limbah Buffing

Limbah *buffing* dalam PP No.18 Tahun 1999 jo PP No.85 Tahun 1999 termasuk dalam kategori limbah B3 dari sumber yang spesifik dengan kode D214, yaitu sumber limbah yang berasal dari manufaktur dan perakitan kendaraan dan mesin, mencakup manufaktur dan perakitan kendaraan bermotor, sepeda, kapal, pesawat terbang, traktor, alat-alat berat, generator, mesin-mesin produksi, termasuk pembuatan suku cadang dan aksesoris dan rangka.

**Tabel 1.** Kandungan Total Logam Limbah *Buffing*

Parameter	Konsentrasi (%)	Konsentrasi (g/kg)
Al	65,11	651,1
Fe	20,98	209,8
Cu	0,014	0,14
Pb	0,0011	0,011
Ni	0,0004	0,004
Co	0,0009	0,009
Cd	0,0007	0,007
Cr	1,144	11,44
As	0,0001	0,001
Hg	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Logam lain	12,7448	127,448

Berdasarkan uji karakteristik kandungan total di dalam limbah *buffing*, dapat diketahui bahwa konsentrasi total logam di dalam limbah *buffing* paling dominan yaitu logam Al dan Fe dengan masing-masing konsentrasi sebesar 651,1 g/kg dan 209,9 kg/kg limbah *buffing*. Pada uji kandungan oksida logam, di dalam limbah *buffing*, kandungan aluminium oksida sebesar 65,11%.. Dari hasil uji karakteristik tersebut dapat diketahui bahwa limbah *buffing* ini dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan koagulan berbasis logam yaitu logam aluminium. Uji karakteristik ini bertujuan untuk menentukan jumlah asam yang akan digunakan dalam pembuatan koagulan.

### Pembuatan Koagulan dan Karakterisasi

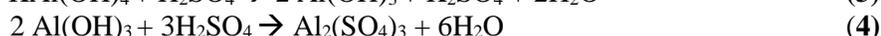
Ada 2 metode dalam pembuatan koagulan dari limbah *buffing* ini. Dalam proses pembuatan koagulan Metode I, sampel limbah *buffing* direaksikan dengan asam sulfat, reaksi yang terjadi dapat dilihat pada **Persamaan 1** (Sunantio, 2010). Dari produksi koagulan metode I didapatkan koagulan sebanyak 109,4747 gram  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$ , setelah ditimbang konstan. Jumlah koagulan yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan jumlah koagulan dengan perhitungan secara teoritis yaitu 103,2056 gram  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$ .



Pada metode II, limbah *buffing* sebanyak 20 gram dilakukan penambahan KOH 20% berlebih. Penambahan KOH pada limbah *buffing* menjadikan reaksi berlangsung secara eksoterm dan terbentuknya gelembung-gelembung gas. Untuk mempercepat reaksi dilakukan pemanasan pada temperatur 90°C. Penambahan KOH 20% berlebih ditujukan untuk menghindari terbentuknya Al(OH)<sub>3</sub>. Reaksi yang terjadi adalah seperti **Persamaan 2**.



Setelah proses tersebut, dilakukan penyaringan, filtrat yang terbentuk direaksikan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 M agar seluruh senyawa KAl(OH)<sub>4</sub> dapat bereaksi sempurna seperti pada **Persamaan 3 dan Persamaan 4**.



Dalam penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> juga terbentuk Al(OH)<sub>3</sub> tetapi langsung cepat bereaksi kembali dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan membentuk Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> berupa larutan bening tak berwarna. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> yang terbentuk kembali bereaksi dengan K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> membentuk endapan berwarna putih KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O (Manurung, 2010). Reaksinya adalah seperti **Persamaan 5**.



Kristal yang terbentuk kemudian dicuci dengan etanol 95% (dalam penelitian sebelumnya dilakukan pencucian dengan etanol 50%), tetapi apabila dicuci dengan etanol 50%, koagulan yang terbentuk masih belum kering maka dari itu dalam penelitian ini digunakan etanol 95% agar koagulan yang dihasilkan dapat kering. Jumlah koagulan yang dihasilkan setelah ditimbang secara konstan adalah sebanyak 62,8811 gram KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.8H<sub>2</sub>O. Dari hasil uji karakteristik koagulan metode I dan metode II (**Gambar 1**) dapat diketahui bahwa koagulan dari limbah *buffing* Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O mengandung sulfat 44,3%, 7% Al, dan kadar air 19,45%. Sedangkan koagulan metode II, yaitu KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. 8H<sub>2</sub>O mengandung sulfat 34,95%, 5,04% Al, dan kadar air 34,95%.



(a) Koagulan Metode I  
Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. 5H<sub>2</sub>O



(b) Koagulan Metode II  
KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. 8H<sub>2</sub>O

**Gambar 1.** Koagulan dari Limbah *Buffing*

### Karakteristik Air Baku

Air baku yang digunakan dalam karakterisasi awal koagulan ini adalah air baku yang berasal dari outlet unit prasedimentasi di PDAM Tirta Wening Kota Bandung. Untuk mengetahui komposisi dan sifat

di dalam air, dilakukan uji karakterisasi air baku yang digunakan. Pada dasarnya, air baku akan berpengaruh pada proses koagulasi dan flokulasi. Hasil uji karakterisasi air baku dapat dilihat dalam **Tabel 2**.

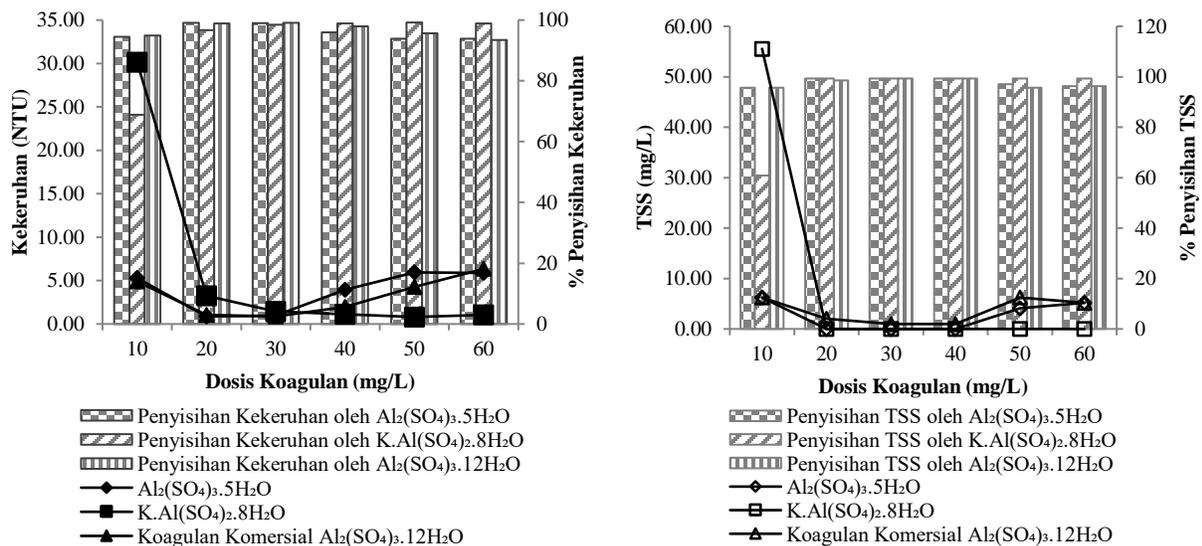
**Tabel 2.** Karakteristik Air Baku Outlet Prasedimentasi PDAM Tirta Wening Kota Bandung

No	Parameter	Simple	Duplo	Baku Mutu Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010
1	Kekeruhan	95,7 NTU	97,5 NTU	5 NTU
2	Temperatur	26,1°C	25,9 °C	30°C
3	pH	7,01	7,07	6,5 – 8,5
4	TSS	139,49 mg/L	143,68 mg/L	-
5	TDS	71,26 mg/L	71,61 mg/L	1000 mg/L
6	DHL	101,8 µS/cm	102,3 µS/cm	-

Apabila dibandingkan dengan parameter yang ada dalam baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010, hasil karakterisasi air baku tersebut yang belum memenuhi baku mutu adalah parameter kekeruhan.

### Penentuan Dosis Optimum Koagulan

Pada suatu proses koagulasi-flokulasi, dosis koagulan merupakan salah satu variabel yang dapat mempengaruhi tingkat penyisihan polutan yang terdapat didalam air baku. Pada **Gambar 2** (a) dapat dilihat, bahwa koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  memiliki kemampuan menyisihkan kekeruhan paling tinggi dengan tingkat penyisihan sebesar 99,17% dan dosis optimum yang digunakan sebesar 30 mg/L.



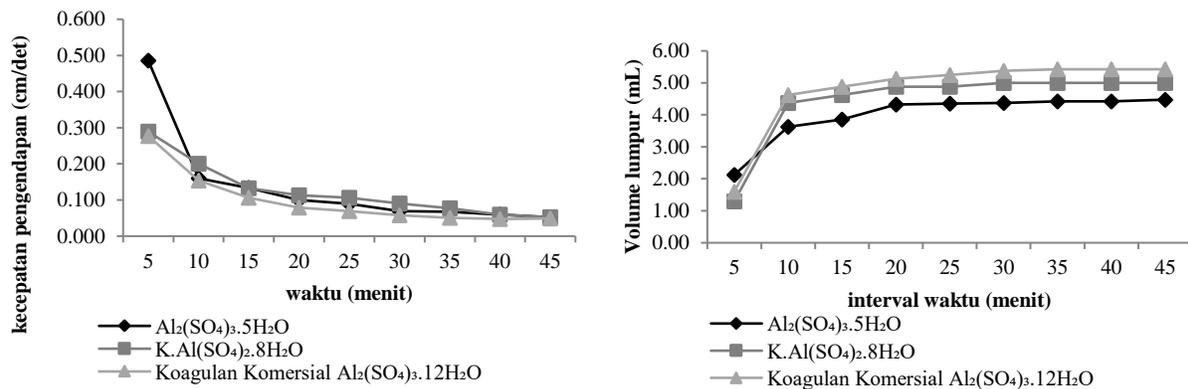
(a) Tingkat Penyisihan Kekeruhan (b) Tingkat Penyisihan TSS  
**Gambar 2.** Tingkat Penyisihan Kekeruhan dan *Total Suspended Solid* dengan menggunakan koagulan dari limbah *buffing* dan koagulan komersial

Secara keseluruhan koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  memiliki daya koagulasi yang paling baik, dengan dosis optimum 30 mg/L. Hal ini dikarenakan dalam senyawa  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  memiliki muatan positif memiliki muatan positif  $3^+$  yang didapat dari  $Al^{3+}$ . Dalam larutan garam, garam-garam tersebut mengalami ionisasi dan terbentuk muatan positif. Muatan positif ini berpengaruh pada kemampuan destabilisasi muatan positif yang ada pada partikel koloid. Semakin besar muatan positif, semakin mudah pula menarik muatan negatif dalam partikel koloid.

Koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  memiliki keefektifan menyisihkan kekeruhan dan TSS yang lebih baik pada dosis rendah, yaitu pada dosis 30 mg/L. Keefektifan dalam menyisihkan koagulan pada dosis rendah oleh koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ini dikarenakan kadar sulfat yang terkandung pada koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  lebih banyak dibandingkan dengan koagulan  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  yaitu sebesar 44,3% sedangkan kandungan sulfat pada koagulan  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  hanya 31,9%. Koagulan dengan garam sulfat memiliki muatan negatif yang menyebabkan ion  $\text{SO}_4^{2-}$  lebih mudah berikatan dengan partikel koloid yang bermuatan positif pada lapisan sekunder dalam sistem koloid. Sehingga koagulan dengan garam sulfat dapat mendestabilkan sistem koloid dengan membentuk partikel flok yang lebih besar. Selain itu kadar hidrat dalam koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  lebih sedikit karena semakin besar kadar hidrat, maka komposisi atom akan berkurang, sehingga mengurangi komposisi ion aluminium yang merupakan ion aktif dalam proses destabilisasi koloid.

### Kecepatan Pengendapan Partikel Flok dan Jumlah Lumpur yang Dihasilkan

Kecepatan pengendapan partikel flok dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk partikel flok yang terbentuk. Flok dengan ukuran yang lebih besar belum tentu akan memiliki kecepatan pengendapan lebih tinggi daripada flok yang memiliki ukuran lebih kecil, hal ini dikarenakan pengaruh densitas atau kerapatan flok yang terbentuk dari hasil proses. Semakin tinggi densitasnya, maka kecepatan pengendapan akan semakin tinggi. Partikel berukuran besar dengan densitas rendah akan memiliki kecepatan pengendapan yang relatif rendah dikarenakan pengaruh gaya friksi antara partikel flok dengan molekul air. Berdasarkan hasil uji kecepatan pengendapan dapat diketahui bahwa flok dari koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  memiliki rata-rata kecepatan pengendapan paling tinggi dibandingkan flok dari dengan koagulan  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  dan koagulan komersial  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  yaitu 0,052 – 0,486 cm/detik. Dari hasil pengamatan selama 45 menit dengan mengukur volume lumpur tiap 5 menit, volume lumpur yang dihasilkan dengan mengendapkan air baku setelah proses *jar test* sebanyak 1 liter. Koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  merupakan koagulan yang menghasilkan lumpur paling sedikit yaitu sebesar 4,43 mL, sedangkan koagulan  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan lumpur 5 mL dan koagulan komersial  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  menghasilkan lumpur 5,43 mL. Volume lumpur mulai stabil pada menit ke-30, hal ini dikarenakan sebagian besar flok-flok yang dihasilkan dari proses koagulasi-flokulasi sudah mengendap.



(a) Kecepatan Pengendapan Flok

(b) Volume Lumpur

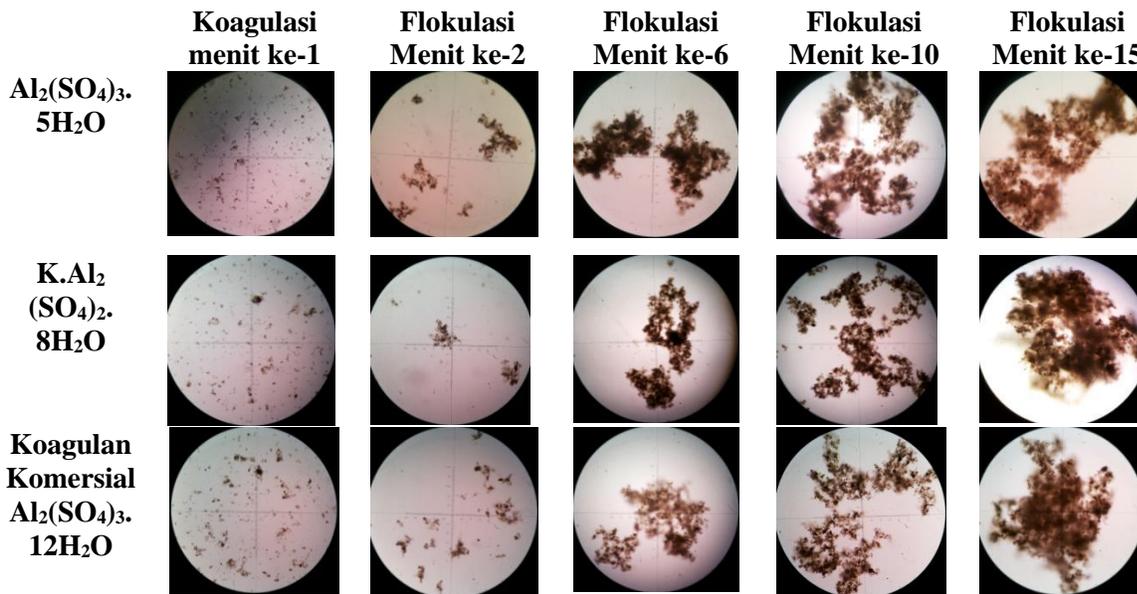
**Gambar 3.** Kecepatan Pengendapan Flok dan Volume Lumpur yang Dihasilkan

### Penentuan Ukuran Partikel Flok

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa terjadi perubahan ukuran partikel flok yang terbentuk pada proses koagulasi-flokulasi. Pada kondisi dosis optimum dapat diketahui bahwa rata-rata ukuran partikel flok yang terbentuk semakin lama semakin membesar. Perubahan ukuran partikel flok (**Tabel 3**) disebabkan oleh terjadinya aglomerasi partikel akibat interaksi antara koagulan dengan partikel-partikel tersuspensi yang terkandung didalam air baku. Pada proses koagulasi-flokulasi yang terlihat pada **Gambar 4**.

## Zeta Potensial

Zeta potensial mengindikasikan kestabilan dari partikel yang ada dalam air dan untuk melihat interaksi antara koagulan dan partikel kekeruhan selama proses koagulasi. Dengan mengukur nilai zeta potensial dapat diketahui bagaimana kinerja koagulan yang digunakan dan dosis koagulan yang harus ditambahkan ke dalam air (Zhang et al, 2008). Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat diketahui bahwa koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{K} \cdot \text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  dari limbah *buffing* mempunyai kemampuan sebagai koagulan. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan nilai zeta potensial air baku dari -3,31 mV menjadi -0,12 mV untuk koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan 0,11 mV untuk koagulan  $\text{K} \cdot \text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Perubahan nilai zeta potensial pada air baku ini tidak jauh berbeda ketika memakai koagulan komersial  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  yaitu menjadi 0,12 mV. Dengan mengurangi muatan elektrostatis, nilai zeta potensial akan turun, partikel-partikel akan saling mendekat dan meningkatkan kemungkinan terjadinya tumbukan, sehingga partikel koloid dapat terdestabilisasi (Notodarmojo, 2004).



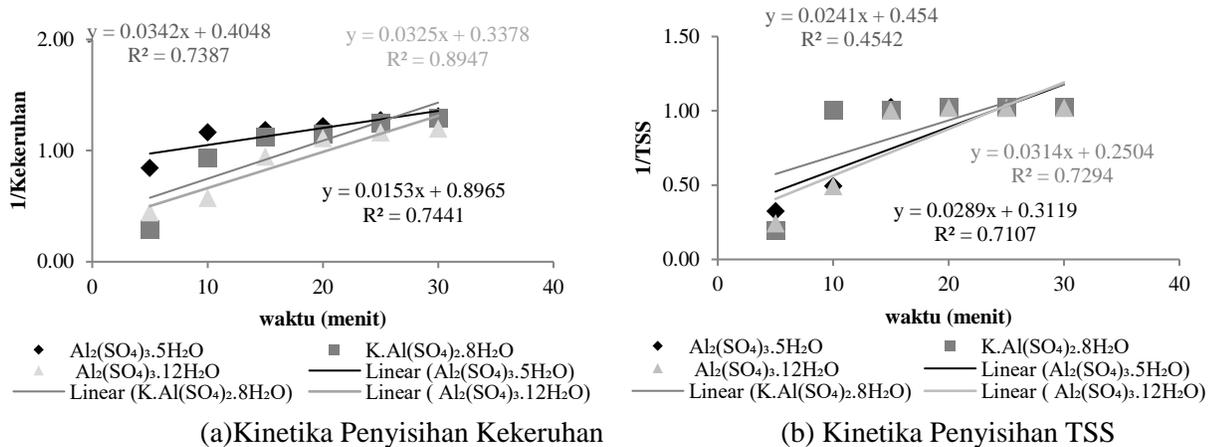
**Gambar 4.** Ukuran Flok selama proses Koagulasi-flokulasi

**Tabel 3.** Diameter Flok selama Proses Koagulasi - Flokulasi

Keterangan		$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{K} \cdot \text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
<b>Ukuran Flok</b>		(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
<b>Saat Koagulasi</b>	<b>0,5</b>	0,0005 – 0,00375	0,0004 – 0,00225	0,0003 – 0,002
<b>menit ke-</b>	<b>1</b>	0,005 – 0,01	0,006 – 0,009	0,0025 – 0,01
<b>Ukuran flok</b>		(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
<b>Saat Flokulasi</b>	<b>2</b>	0,011 – 0,039	0,015 – 0,04	0,0035 – 0,03
<b>menit ke-</b>	<b>4</b>	0,045 – 0,26	0,09 – 0,3	0,08 – 0,138
	<b>6</b>	0,383 – 0,5	0,325 – 0,45	0,56 – 0,8
	<b>8</b>	0,525 – 0,728	0,455 – 0,9	0,813 – 0,938
	<b>10</b>	0,938 – 1,188	1 – 1,1	1,063 – 1,266
	<b>12</b>	1,205 – 1,350	1,203 – 1,313	1,469 – 1,500
	<b>15</b>	1,435 – 1,9	1,5 – 1,75	1,625 – 1,875

## Kinetika Penyisihan Kekeruhan dan TSS

Kinetika Penyisihan Kekeruhan dan TSS menggunakan koagulan berbahan dasar limbah *buffing* dan koagulan komersial memiliki orde dua. Hal ini ditunjukkan dengan nilai  $R^2$  yang mendekati 1 ada pada **Gambar 5** dengan orde reaksi dua baik dalam kinetika penyisihan kekeruhan dan TSS. Reaksi orde dua menjelaskan bahwa penyisihan kekeruhan dan TSS dalam air menggunakan koagulan tersebut dipengaruhi oleh kondisi kekeruhan dan partikel padatan yang tersuspensi dengan dosis koagulan yang digunakan, sehingga reaksi berjalan satu sama lain dan saling mempengaruhi.



**Gambar 5.** Kinetika Penyisihan Kekeruhan dan TSS

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa koagulan dari limbah *buffing* dapat diaplikasikan sebagai koagulan untuk air baku pada pengolahan air minum. Dengan dosis optimum untuk koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  adalah 20 mg/L dan koagulan  $K.Al(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$  adalah 50 mg/L. Efisiensi penyisihan kekeruhan terbesar pada koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  dengan tingkat penyisihan 99,17% dan memiliki kemampuan menyisihkan *Total Suspended Solid* (TSS) hingga <0,1 mg/L dengan tingkat penyisihan 99,29%. Karakteristik flok yang terbentuk pada kondisi optimum proses koagulasi-flokulasi, memiliki rata-rata ukuran partikel  $\pm 0,01 \text{ mm}^2$  pada proses koagulasi kemudian berturut turut mengalami pada proses flokulasi pembesaran menjadi  $\pm 0,04 \text{ mm}^2$ ,  $\pm 0,45 \text{ mm}^2$ ,  $\pm 1,1 \text{ mm}^2$  dan pada akhir proses flokulasi berukuran  $1,9 \text{ mm}^2$ . Kecepatan pengendapan rata-rata partikel flok dengan menggunakan koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  adalah 0,052 – 0,486 cm/detik dan 0,052 – 0,289 cm/detik dengan menggunakan koagulan  $K.Al(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ . Selama 45 menit pengendapan, volume lumpur yang dihasilkan apabila menggunakan koagulan  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$  4,43 mL/L air baku dan 5 mL/L air baku untuk koagulan  $K.Al(SO_4)_2 \cdot 8H_2O$ . Kinetika Penyisihan Kekeruhan dan TSS menggunakan koagulan berbahan dasar limbah *buffing* dan koagulan komersial memiliki orde dua.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amir, Rizal. 2010. Penentuan Dosis Optimum Aluminium Sulfat dalam Pengolahan Air Sungai Cileueur Kota Ciamis dan Pemanfaatan Resirkulasi Lumpur dengan Parameter pH, Warna, Kekeruhan, dan TSS. Institut Teknologi Bandung.
- Alaerts, G dan Santika 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Arnoldsson, Emilie., Bergman, M., Matsinhe, N., Persson, K. 2008. Assesment of Drinking Water Treatment Using Moringa Oleifera Natural Coagulant. *Journal Vatten* 64 : 137-150. Lund 2008.
- Baghvan, Akbar., Zand, A., Mehrdadi, N., Karbassi, A. 2010. Optimizing Coagulation Process for Low to High Turbidity Waters Using Aluminum and Iron Salts. *American Journal of Environmental Sciences* 6 (5): 442-448, 2010. ISSN 1553-345X.

- Coruh, Hale Aylin. 2005. Use of Calcium Alginate as a Coagulant in Water Treatment. Department of Environmental Engineering, Middle East Technical University
- Corbitt. Robert A, 2004, *Standard handbook of Environmental Engineering*, The McGraw-Hill Companies.
- Irawaty, Wenny. 2004. Pemanfaatan Limbah Al Menjadi Aluminium Klorida. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia Dan Proses 2004 ISSN : 1411 – 4216*.
- Ling Li., Fan, Maohong., Brown, Robert C., Koziel, Jacek A., Van Leeuwen, J (Hans)., 2009, Production of A New Wastewater Treatment Coagulant from Fly Ash with Concomitant Flue Gas Scrubbing. *Journal of Hazardous Materials vol. 162, pages 1430-1437; Elsevier*.
- Manurung, M., Ayuningtyas, I. F. 2010. Kandungan Aluminium pada Kaleng Bekas dan Pemanfaatannya dalam Pembuatan Tawas. *Jurnal Kimia,4, 180-186*.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. Mc Graw Hill Company. New York.
- Notodarmojo, Suprihanto. 2004. Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik, dan pH. *Proceeding ITB Sains & Teknologi Volume 36A, No.2, 2004, 97-115*.
- Notodarmojo, Suprihanto. 2004. Penurunan Zat Organik dan Kejeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End. *Proceeding ITB Sains & Teknologi Volume 36A, No.2, 2004, 63-82*.
- Notodarmojo, Suprihanto. 2007. Penurunan Warna dan Kandungan Zat Organik Air Gambut dengan Cara Two Stage Coagulation. *Jurnal Teknik Lingkungan Vol.13 No.1*.
- Oberg, Erik; Jones, Franklin D.; Horton, Holbrook L.; Ryffel, Henry H. (2000), *Machinery's Handbook* (26<sup>th</sup>.ed.), New York: Industrial Press Inc.
- Pernitsky, David J. 2003. *Coagulation. Associated. Engineering*. Calgary, Alberta.
- Pise, CP., Gidde, M.R., Bhalerao, A.R. 2009. Study of Blended Coagulant Alum and Moringa Oleifera for Turbidity Removal. *Journal of Environmental Research and Development Vol 4 No.2, October-December 2009*.
- Rui, Lee Mao., Daud, Z., Latif, A. 2012. Coagulation-Flocculation in Leachate Treatment by using Ferric Chloride and Alum as Coagulant. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN :2248-9622, Vol 2, Issue4, July-august 2012, pp 1929-1934*
- Shapally, Pranathi. 2012. Application of *Moringa Oleifera* Seed Extract for Activated Sludge Thickening. Thesis School of Environmental Systems Engineering Faculty of Engineering, Computing and Mathematics The University of Western Australia.
- Sunantio, Alvin. 2010. Studi Awal Pemanfaatan Limbah Buffing Sebagai Bahan Baku Koagulan. FTSL :ITB.