

KOAGULASI FLOKULASI UNTUK MENURUNKAN WARNA DENGAN KOAGULAN PAC PADA EFLUEN PENGOLAHAN LIMBAH PENCELUPAN BENANG

USING PAC AS COAGULANT TO REMOVE COLOR FROM TEXTILE WASTEWATER

Enny Susanti¹⁾ dan Ati Hartati¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

Abstrak

Berdasarkan analisa efluen limbah pencelupan benang yang diketahui masih berwarna meskipun dalam hal ini, limbah keluar dari efluen unit pengolahan air limbah. Penelitian ini dilakukan selain menggunakan PAC juga ditambahkan kaolin dan pada air baku yang diteliti dalam dua kondisi yaitu proses batch dengan menggunakan jar tes dan kondisi kontinyu dengan menggunakan bak koagulasi, bak flokulasi dan bak pengendapan. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa PAC dapat menurunkan warna pada efluen limbah dengan prosen efisiensi rata-rata 73,51 % dan dengan penambahan kaolin diperoleh prosen efisiensi rata-rata 78,92 %.

Kata kunci : kaolin, koagulasi, PAC, warna

Abstract

Pursuant to analysis efluen of textile wastewater treatment plant, still contain high of color in the effluent. This research using Polyaluminium chloride (PAC) and lime to remove the color in a batch or continuous mode. A jar test was used for the batch while sedimentation vessels were for the continuous experiment. From research result obtained that PAC can remove the colour efluen about 73,51 % and with the kaolin addition can remove 78,92 % of the color.

Keywords : lime, coagulation, PAC, color

1. PENDAHULUAN

Sesuai dengan perkembangan jaman, air bersih pada masa sekarang ini semakin sulit diperoleh terutama di daerah perkotaan karena sumber-sumber yang tersedia sekarang kurang memenuhi kuantitas maupun kualitasnya. Hal ini disebabkan jumlah maupun pertumbuhan penduduk di kota-kota besar cepat meningkat. Selain itu kegiatannya juga semakin meningkat, yang mana dari kegiatan yang dilakukan manusia (industri, pertanian, peternakan dan lain-lain) inilah yang menghasilkan bahan pencemar.

Salah satu sumber bahan baku air yang penting bagi kelangsungan hidup manusia, sebagian besar diambil dari air permukaan. Dalam hal ini sungai adalah salah satu alternatif sumber air baku yang memiliki potensi cukup besar dari segi kuantitas. Namun dari segi kualitas pada umumnya masih kurang atau bahkan tidak layak sebagai sumber air (Mujuadi, 1994).

Untuk mengurangi bahan pencemar terhadap air baku, terutama yang diambil dari air sungai maka efluen pengolahan air limbah di pabrik pencelupan benang yang kualitas limbah cairnya kurang baik perlu dilakukan pengolahan lanjutan untuk memperoleh kualitas efluen pengolahan yang lebih baik.

Proses pengolahan lanjutan yaitu dengan melakukan pengolahan secara kimia dengan pembubuhan koagulan dengan proses koagulasi dan flokulasi. Proses koagulasi dan flokulasi ini merupakan proses pembentukan flok-flok, sehingga flok yang terbentuk dapat mengendap.

Pada proses koagulasi dipergunakan koagulan Poli Aluminium Chloride (PAC) dan kombinasi dengan bahan pembubuh lain yaitu kaolin. Diharapkan dari pengolahan tersebut warna dari efluen limbah pencelupan benang yang masih memiliki warna yang tinggi dapat menurun sehingga pada waktu pembuangan tidak mencemari sungai.

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses umum yang sering dilakukan untuk mengolah air yang telah tercemar oleh zat-zat tercemar yang pada akhir ini semakin tinggi tingkatannya.

Koagulasi adalah proses penambahan bahan kimia (koagulan) ke dalam air baku dengan maksud mengurangi daya tolak menolak antar partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut bergabung menjadi flok-flok kecil (Degremont, 1991).

Tahap destalisasi koloid terjadi pada saat penambahan elektrolit positif Al^{+3} dari koagulan $Al_2(SO_4)_3$. Dalam air koagulan terjadi reaksi ganda yaitu reaksi disosiasi pada Persamaan 1 dan reaksi hidrolisa pada Persamaan 2



Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok kecil (proses koagulasi) dengan flok-flok yang berukuran besar sehingga mudah mengendap.

Pada proses flokulasi kontak antar partikel dapat terjadi melalui beberapa cara yaitu kontak karena gerak brown, kontak karena gerak cairan serta kontak yang dihasilkan dari partikel yang mengendap dengan adanya tumbukan antar partikel.

Secara garis besar ada 4 tahapan proses pembentukan flok, yaitu tahap destabilisasi koloid, tahap pembentukan mikro flok, tahap penggabungan mikro flok serta tahap Pembentukan makro flok

Koloid merupakan partikel yang sangat halus, yang menyebabkan campuran tidak jenuh, tetapi juga sangat sulit untuk mengendap, adapun ciri-ciri koloid yaitu tidak jernih, antara homogen dan heterogen, diameter partikel antara 10^{-7} cm – 10^{-5} cm, tak dapat disaring serta sulit untuk mengendap

Koagulasi dan flokulasi disebabkan oleh beberapa faktor antara lain karakteristik partikel, kekeruhan, warna, pH, temperatur, waktu detensi, komposisi zat kimia dalam air, jenis koagulan dan flokulan, zeta potensial. Karakteristik partikel dibedakan menjadi 2 yaitu berdasarkan ukuran dan water solid interface (Metcalf dan Eddy, 1991).

Kekeruhan teramati sebagai sifat optis larutan yang mengandung zat tersuspensi didalamnya. Makin

tinggi intensitas cahaya yang dihamburkan, makin tinggi kekeruhan. Ada beberapa hal yang mempengaruhi kekeruhan dalam proses koagulasi dan flokulasi antara lain kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan, tetapi penambahan koagulan tidak selalu berkorelasi linier terhadap kekeruhan.

Kekeruhan yang tinggi umumnya membutuhkan dosis koagulan yang rendah karena besarnya kemungkinan terjadi tumbukan, sedangkan kekeruhan rendah umumnya membutuhkan dosis koagulan yang tinggi, karena jarak antar partikel yang menjauh. Ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk di koagulasi. Hal ini karena pusat aktif lebih mudah terbentuk pada partikel kecil, sedangkan partikel yang besar mempercepat terjadinya pengendapan. Kombinasi dari kedua jenis partikel ini menyebabkan semakin mudahnya proses koagulasi dan flokulasi.

Warna dalam suatu zat disebabkan oleh absorpsi selektif bagian cahaya putih matahari oleh atom-atom atau molekul-molekul penyusun benda. Pemilihan pH sangat mempengaruhi dosis optimum dari koagulan, hal ini karena sifat koagulan yang bergantung pada pH. Faktor-faktor yang mempengaruhi reduksi pada proses koagulasi dan flokulasi adalah muatan dosis koloid yang mengikat warna, jenis dan dosis koagulan serta pH.

pH sangat berpengaruh pada proses koagulasi dan flokulasi, karena itu pemilihan pH yang tepat akan mempengaruhi dosis optimum dari koagulan. Hal ini disebabkan sifat kimia koagulan tergantung terhadap pH. Batasan nilai pH dapat terjadi karena pengaruh jenis koagulan yang dipakai dan komposisi zat kimia yang ada dalam air.

Perubahan temperatur dapat menyebabkan perubahan viskositas, semakin panas suhu viskositas makin kecil. Waktu detensi yang melebihi kriteria desain akan menyebabkan terjadinya pengendapan pada system kontinyu sedangkan jika kurang akan terbentuk flok yang relatif kecil sehingga sukar untuk mengendap (Reynold, 1984).

Pemilihan jenis koagulan disesuaikan dengan jenis koloid yang terkandung dalam air. Harga zeta potensial mempengaruhi tingkat kemudahan destabilisasi partikel koloid untuk memungkinkan terjadinya gaya tarik-menarik antar partikel koloid sehingga terbentuk flok.

Dalam badan air gaya tarik menarik akan dilawan oleh gaya tolak menolak zeta potensial. Resultan gaya yang terjadi akan menentukan suatu flok akan terjadi atau tidak. Kemampuan dari ion untuk mengadakan gaya tarik menarik tergantung dari jarak antar partikel.

Di dalam air terlarut garam mineral yang sangat dipengaruhi oleh jenis senyawa pembentuk konsentrasinya. Pengaruh yang disebabkan oleh garam mineral dalam air adalah kemampuannya dalam menggantikan kedudukan ion hidroksidanya pada senyawa kompleks hidroksid.

Dalam memilih jenis koagulan dan flokulan disesuaikan dengan jenis koloid yang terkandung di dalam air. Jenis koagulan dan flokulan yang dimasukkan ke dalam air biasanya memiliki tanda ion yang berlawanan dengan muatan ion yang terdapat pada air tersebut.

Polielektrolit adalah substansi polimer dengan berat molekul tinggi. Komponen merupakan rantai yang terdiri dari satuan-satuan kecil yang biasa disebut monomer yang mengandung gugus yang dapat terionisasi.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan dua jenis cara yaitu secara batch dan secara kontinyu. Pada proses batch alat yang digunakan yaitu jar test untuk menentukan dosis optimum koagulan dan pH yang sesuai dengan proses koagulasi. Pada jar test ini akan terjadi proses koagulasi, flokulasi dan pengendapan.

Pada proses kontinyu merupakan kelanjutan dari hasil yang didapat dari proses batch. Diharapkan dengan dilakukannya proses kontinyu akan didapatkan pendekatan hasil data yang diperoleh dari laboratorium dengan yang terjadi di lapangan nanti.

Alat yang digunakan pada proses kontinyu ini terdiri dari bak pencampuran air baku dan di dalam bak tersebut terdapat pompa *submersibel* yang berfungsi untuk menaikkan air baku ke reservoir. Dari sini lalu air dialirkan menuju ke bak koagulasi. Pada bak ini terjadi pencampuran antara air baku dengan koagulan yang diambil. Kemudian dimasukkan ke bak flokulasi dan diaduk lambat agar proses flokulasi dapat terjadi. Flok-flok yang terbentuk di-

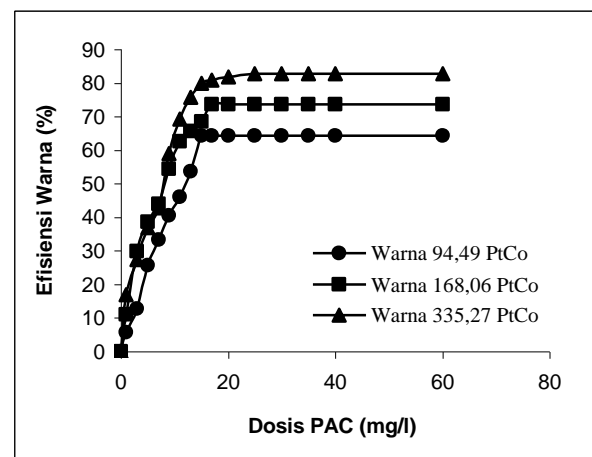
endapkan dan lumpur yang terbentuk ditampung di ruang lumpur (Alaert dan Sumestri, 1987).

Air baku yang digunakan berasal dari efluen unit pengolahan limbah pada pabrik pencelupan benang, sedangkan bahan kimia yang digunakan untuk proses koagulasi dan flokulasi adalah Poli Aluminium Chloride. Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu warna kekeruhan, pH dan suhu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Air baku yang berasal dari efluen limbah pencelupan benang bersifat basa dengan pH 8, dan perlu dibuat netral yaitu 7 agar proses koagulasi, flokulasi serta pengendapan pada proses kontinyu berlangsung dengan baik. PAC yang digunakan mempunyai range pH efektif 6,5 – 7,5. Dan selama penelitian suhu dalam limbah adalah 30°C.

Untuk warna awal 94,49 PtCo, pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa dosis optimum PAC untuk menurunkan warna sebesar 15 mg/l dengan efisiensi penghilangan warna sebesar 64,24%. Penghilangan warna yang terjadi ini karena adanya ikatan antara ion organik yang bermuatan negatif dan ion Al^{3+} pada PAC yang bermuatan positif. Ion Al^{3+} ini berasal dari unsur dasar PAC yaitu Aluminium (Al_2SO_4).

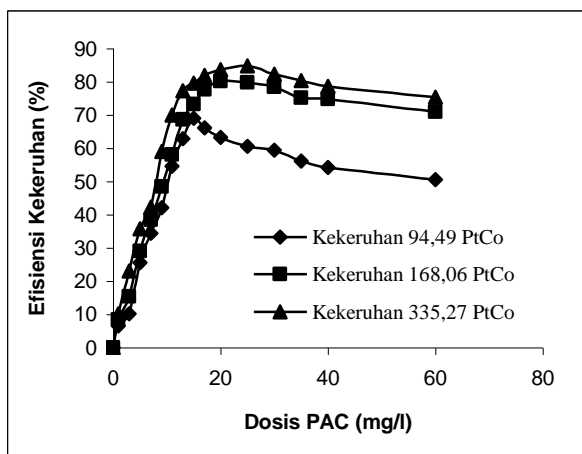


Gambar 1. Efisiensi Removal Warna

Penghilangan warna yang terjadi ini karena adanya ikatan antara ion organik yang bermuatan negatif dan ion Al^{3+} pada PAC yang bermuatan positif. Ion Al^{3+} ini berasal dari unsur dasar PAC yaitu Aluminium (Al_2SO_4). Dengan dosis PAC yang lebih besar dari 15 mg/l ternyata warna yang tertinggal konstan sampai dosis 60 mg/l. Hal ini karena adanya *fulvic acid* (zat organik penyebab warna)

yang tidak dapat dihilangkan dari air baku. *Fulvic acid* ini sulit dikagulasi karena gugus carbonylnya lebih sedikit dari *humic acid* dimana keberadaan gugus ini sangat penting pada koagulasi, karena dapat berikatan dengan koagulan.

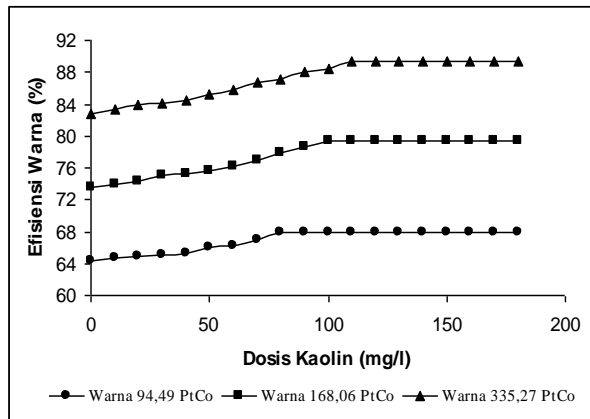
Sedangkan untuk warna awal 94,49 PtCo dan kekeruhan 0,86 NTU, pada Gambar 1 dapat dilihat dosis optimum yang didapat sebesar 15 mg/l dengan efisiensi penurunan kekeruhan sebesar 68,96 % efisiensi ini lebih besar dari warna karena partikel penyebab kekeruhan memiliki diameter yang lebih besar dibandingkan diameter partikel penyebab warna. Kekeruhan ini mengalami penurunan terus menerus sampai dosis optimum tercapai, namun setelah melewati dosis ini kekeruhannya semakin meningkat. Hal ini karena kelebihan ion positif yang ada pada air baku dengan koagulan yang berlebih sudah tidak mampu lagi mengadsorpsi ion negatif yang terdapat dalam koloid. Gambar 2 menunjukkan efisiensi penurunan kekeruhan dengan dosis PAC yang berbeda.



Gambar 2. Efisiensi Removal Kekeruhan

Dapat disimpulkan pula bahwa pada warna tidak terdapat break point pada dosis optimum dikarenakan sisa dosis yang ada tidak menyebabkan warna tetapi menyebabkan kekeruhan. Hal ini berlaku pula pada tingkat warna awal yang berbeda yaitu 168,06 PtCo, 335,27 PtCo dan kekeruhan awal 2,107 NTU, 3,041 NTU

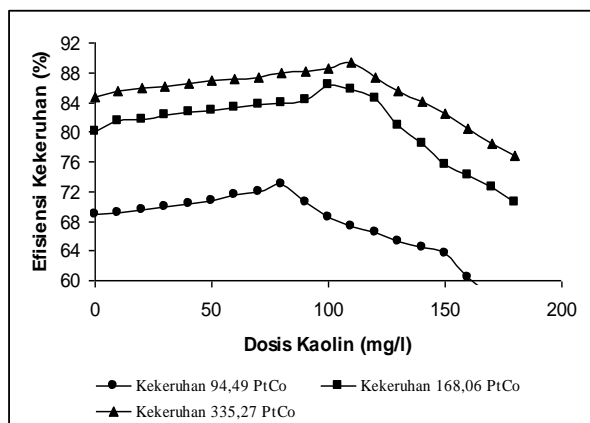
Pada Gambar 3 dapat dilihat dosis optimum Kaolin untuk menurunkan warna hingga nilai terendah (30,26 PtCo) adalah sebesar 80 mg/l. Dengan semakin bertambahnya dosis kaolin maka warna yang teremoval tetap atau konstan sehingga pada warna tidak terdapat *break point*.



Gambar 3. Efisiensi Removal Warna

Dengan penambahan Kaolin pada air baku dengan warna awal 94,49 PtCo, dapat meningkatkan efisiensi penurunan warna sekitar 3,5% (yaitu dari 64,24% ke 67,94%). Maka dalam hal ini dapat dikatakan bahwa penambahan kaolin ikut membantu menurunkan warna. Ini disebabkan karena kaolin yang ditambahkan dapat mengadsorpsi komponen organik penyebab warna sehingga terbentuk flok-flok yang kecil yang kemudian dalam proses flokulasi flok-flok tersebut bergabung dan terendapkan.

Pada Gambar 4 diketahui dengan kekeruhan awal 0,86 NTU, penambahan kaolin pada air baku dapat meningkatkan efisiensi penghilangan kekeruhan meski peningkatannya kecil dibandingkan tanpa penambahan kaolin yaitu sekitar 4%. Dalam hal ini dapat diketahui bahwa Kaolin dapat membantu menurunkan kekeruhan, karena kaolin menambah jumlah partikel pada air baku. Dengan ini diharapkan dengan bertambahnya jumlah partikel menyebabkan semakin besar kesempatan antar partikel untuk saling bergabung satu sama lain dan menambah berat partikel yang terbentuk sehingga mudah untuk diendapkan.



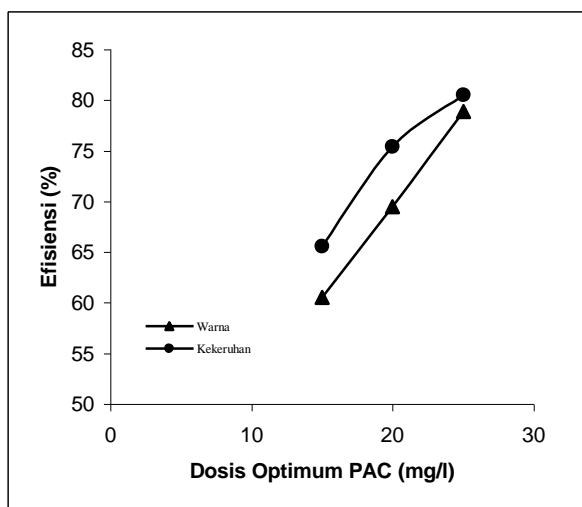
Gambar 4. Efisiensi Removal Kekeruhan

Sedangkan untuk peningkatan warna awal 168,08 PtCo dan kekeruhan awal 2,107 NTU dosis optimum kaolin yang diperoleh mengalami peningkatan menjadi 100 mg/l. Untuk peningkatan warna awal kedua 335,275 PtCo dan kekeruhan awal 3,041 NTU dosis optimum kaolin yang diperoleh adalah 110 mg/l. Removal warna dan kekeruhan yang terjadi juga mengalami peningkatan yang tidak terlalu besar seperti pada warna dan kekeruhan yang pertama.

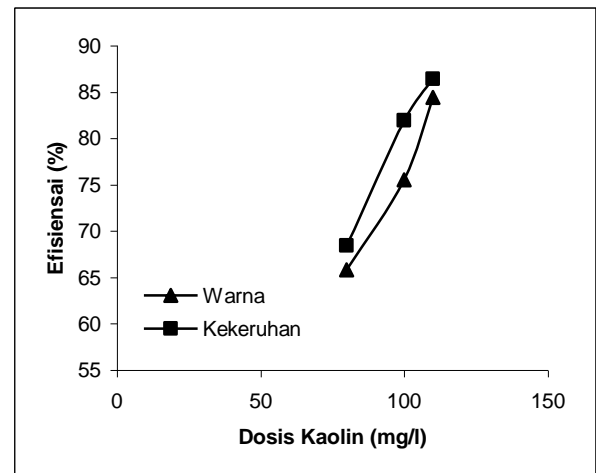
Dari uraian diatas bila kita perhatikan dengan meningkatnya warna maka kebutuhan dosis kaolin juga meningkat. Hal ini karena dengan meningkatnya warna maka zat pengadsorpsi yang dibutuhkan juga semakin meningkat.

Proses ini merupakan kelanjutan dari proses batch, dimana setelah mendapatkan dosis optimum koagulan. Air baku yang digunakan adalah sama dengan yang digunakan pada proses batch. Pada Gambar 5 dan Gambar 6, terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya warna dan kekeruhan, efisiensi penghilangan warna dan kekeruhan semakin besar.

Hal ini karena kebutuhan bahan untuk mengadsorpsi warna semakin besar. Dengan meningkatnya warna kebutuhan akan kaolin akan semakin besar jumlahnya hal ini karena jika kaolin berada dalam air baku, kaolin akan mengadsorpsi bahan organik penyebab warna dalam air baku. Selain berfungsi sebagai pengadsorpsi kaolin juga berfungsi sebagai pemberat pada flok sehingga mudah untuk mengendap.



Gambar 5. Dosis Optimum PAC Terhadap Efisiensi Penurunan Warna dan Kekeruhan



Gambar 6. Dosis Optimum Kaolin Terhadap Efisiensi Penurunan Warna Dan Kekeruhan

Pada Gambar 5 dan Gambar 6, tampak bahwa efisiensi penghilangan kekeruhan lebih besar dari warna, hal ini karena diameter partikel warna lebih kecil daripada kekeruhan, sehingga pada saat koagulasi dan flokulasi partikel penyebab kekeruhan lebih mudah untuk terendapkan.

Dari penelitian yang dilakukan antara proses batch dan kontinyu, ternyata proses efisiensi penghilangan pada warna dan kekeruhan berbeda yaitu pada proses batch diperoleh efisiensi penghilangan warna dan kekeruhan lebih besar pada proses kontinyu. Hal ini karena proses kontinyu faktor-faktor yang mempengaruhi proses tersebut lebih kompleks, yaitu Waktu tinggal dalam reaktor dan dispersi energi

Pada proses kontinyu partikel yang tertahan pada bak dapat lebih lama atau sebaliknya dari yang diperhitungkan secara teoritis. Hal ini merupakan fungsi volume rector dan *flowrate*, dimana jika kita mengambil besar *flowrate* yang kurang dari kondisi yang diinginkan maka dapat mempengaruhi waktu detensi dan destabilisasi partikel.

Dispersi energi pada bentuk bak yang berbeda akan berpengaruh pada destabilisasi partikel hal ini karena energi yang dipancarkan akan menghasilkan bilangan reynold yang berbeda.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dengan penambahan PAC pada limbah efluen limbah pencelupan benag ternyata warna dalam lim-

bah tersebut dapat menurun. Prosentase efisiensi rata-ratanya adalah 73,51%, untuk air limbah dengan penambahan kaolin sebesar 78,92%. Dengan peningkatan warna, kebutuhan akan PAC semakin besar, yaitu untuk warna awal 94,49% PtCo dibutuhkan PAC 15 mg/l, warna awal 168,06 PtCo dibutuhkan dosis PAC 20 mg/l dan untuk warna awal 334,27 PtCo dibutuhkan dosis PAC 25 mg/l. Pada proses batch diperoleh efisiensi penurunan warna lebih besar dibandingkan pada proses kontinyu, dengan perbedaan sekitar 3 % - 5 %.

4.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dan hasil yang didapat, disarankan mencoba memakai bahan selain PAC sebagai koagulan dengan kemungkinan dicapai hasil yang lebih baik, seperti: ferri sulfat

DAFTAR PUSTAKA

- Alaert, G dan Sumestri, S. (1987). **Metode Penelitian Air**. Usaha Nasional Indonesia.
- Degremont. (1991). **Water Treatment Handbook**. 9th edition. Vol 1. New York.
- Metcalf dan Eddy. (1991). **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**. McGraw-Hill Book and Co. Singapore.
- Mujuadi, S. (1994). **Kemampuan Koagulan Poli Aluminium Chloride Untuk Menurunkan Warna Effluent Pengolahan Limbah PT. SIER**. Laporan Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Reynold, T.D. (1984). **Operation And Proseses in Environmental Engineering**. Texas A and M University. Texas.