

OPTIMASI PENURUNAN WARNA PADA LIMBAH TEKSTIL MELALUI PENGOLAHAN KOAGULASI DUA TAHAP

OPTIMIZING DYE REMOVAL FROM TEXTILE WASTEWATER USING TWO STAGES COAGULATION

Agustine Sartika Putri¹ dan Prayatni Soewondo²

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganeca 10 Bandung 40132

¹agustine.putri@gmail.com dan prayatnisoe@yahoo.com

Abstrak : Limbah tekstil sebagian besar terdiri dari zat warna yang digunakan untuk proses pencelupan dan pencapan pada kain. Jenis zat warna yang paling sering digunakan dalam kegiatan industri adalah zat warna reaktif azo seperti Remazol Red RB 133 yang digunakan dalam penelitian kali ini. Limbah zat warna ini akan sulit terurai dan menyebabkan pencemaran bila dibuang tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah warna melalui koagulasi dua tahap (Two Stages Coagulation) yang merupakan proses koagulasi dengan dua kali pembubuhan koagulan disertai dua kali pengadukan cepat dan dilanjutkan satu kali proses flokulasi (Dewi.2008). Proses ini merupakan salah satu alternatif pengolahan air secara koagulasi untuk air dengan warna dan zat organik tinggi (Carlson et al, 2000) dan diperlukan karena proses koagulasi secara konvensional seringkali tidak berhasil pada beberapa kondisi air. Hal ini disebabkan jenis material dalam air berbeda-beda, setiap jenis material membutuhkan kondisi proses koagulasi yang bermacam-macam. Dosis optimum didapat melalui percobaan Jartest, pada pengolahan One Stage Coagulation didapatkan pada 0,2 mg/L Poly Aluminium Chloride (PAC) dengan kondisi basa (pH 9), efisiensi penurunan konsentrasi warna mencapai 98,11%. Pada Two Stage Coagulation didapatkan dosis optimum yang lebih rendah yaitu 0,16 mg/L sehingga pemakaian PAC menjadi lebih ekonomis. Efisiensi penurunan konsentrasi warna mencapai 100% dengan membagi dosis koagulan secara merata (50:50) untuk setiap tahap diikuti pengaturan pH pada kondisi asam untuk tahap pertama dan kondisi basa untuk tahap kedua. Namun secara garis besar, kondisi pH netral (pH 7) untuk kedua tahap juga memberikan hasil yang cukup maksimal.

Kata kunci : One Stage Coagulation, pH, Poly Aluminium Chloride (PAC), Two Stages Coagulation

Abstract : Wastewater from textile industries consist of dye which is used for dyeing and printing the fabrics. Most of dye types commonly used are reactive azo such as Remazol Red RB 133 which is used in this research. It was undegradable and can caused pollution if it was disposed without a treatment. This research done to treat dyes wastewater with Two Stages Coagulation. It is a kind of process which coagulant added and rapid mixing were done two times and followed with a flocculation process (Dewi, 2008) . Two stages coagulation is one of water treatment alternatives by coagulation especially for water treatment with high color and organic matter (Carlson et al,2000). Because of mineral variety in the water, some conventional coagulation are often not success to remove them, so it necessary to get an optimum condition of coagulation. The efficiency of Poly Aluminium Chloride (PAC) in discoloration of dyeing wastewater has been investigated with the Jartest method. The results show that optimum dosage of one stage coagulation was 0,2 mg/L at pH 9, the efficiency of removal color reaches 98,11%. While the optimum dosage of Two Stages Coagulation is 0,16mg/L, lower than One Stage Coagulation so that the consumption of PAC can be minimized. The color removal efficiency reaches 100% by dividing coagulant added 50% of dosage for the first stage and the 50% other for the second stage, The pH adjustmet for the first stage before coagulant added was 5 (acid condition) and then pH should be incresed till 9 for the second stage. But, for overall the neutral condition (pH 7) give the optimum performance for color removal. But initially, when the initial pH is neutral for both stages, the two stages coagulation gives the best performance to color removal.

Key words: One Stage Coagulation, pH, Poly Aluminium Chloride (PAC), Two Stages Coagulation

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil memiliki peran yang cukup besar terhadap perekonomian nasional dan juga merupakan penyumbang devisa non-migas terbesar di Indonesia. Selain memberikan keuntungan ekonomi, hal ini juga berdampak kepada kuantitas limbah yang dihasilkan baik padat, cair ataupun gas. Limbah tekstil khususnya limbah cair yang dibuang tanpa mengalami pengolahan yang optimal, tentu akan mencemari badan air penerima sehingga menjadi tidak layak untuk dikonsumsi dan dimanfaatkan bagi perikanan maupun pertanian.

Limbah tekstil sebagian besar terdiri dari zat warna yang cukup sulit didegradasi di lingkungan tanpa pengolahan khusus, salah satu jenis pewarna yang sering digunakan pada industri tekstil adalah zat warna reaktif azo. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan efektifitas penurunan warna pada limbah tekstil tersebut, salah satu pengolahan limbah cair yang dilakukan pihak industri adalah koagulasi karena dianggap cukup mudah dan sederhana. Beberapa parameter perlu diperhatikan untuk mendapatkan kondisi optimum pada proses koagulasi, salah satunya dosis koagulan. Tidak semua air limbah dengan kandungan organik tinggi memerlukan dosis koagulan yang tinggi begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan kandungan material dalam air yang bermacam-macam, setiap jenis material membutuhkan kondisi proses koagulasi yang berbeda (Fitria, 2008).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menemukan metode baru dalam proses koagulasi salah satunya memodifikasi proses pembubuhan koagulan seperti yang dilakukan oleh Carlson dan Gregory tahun 2000. Penelitian yang dikenal dengan *Koagulasi Dua Tahap* ini menunjukkan peningkatan pengolahan air baku sungai yang memiliki konsentrasi organik tinggi dalam TOC (*Total Organic Compound*) dan fraksi hidrofobik dalam *natural organic matter* (NOM) (Carlson dan Gregory, 2000). Proses ini juga merupakan salah satu alternatif pengolahan air secara koagulasi untuk air dengan warna dan zat organik tinggi.

Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini akan dilakukan untuk melihat efektivitas metode koagulasi dua tahap dalam pengolahan limbah cair warna dengan koagulan polimer *Poly Aluminium Chloride* (PAC) yang telah diteliti memiliki kemampuan lebih baik dibandingkan koagulan *Aluminium Sulfat* ($Al_2(SO)_4 \cdot 14.3H_2O$) karena merupakan polimer dengan rantai panjang dan bercabang sehingga dapat menangkap partikel koloid lebih banyak. Variasi parameter yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pH dan dosis koagulan, sehingga diharapkan akan mendapat suatu kondisi pengolahan yang optimum.

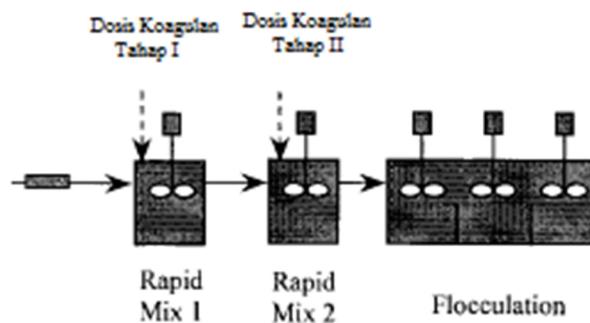
2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian koagulasi ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Program studi Teknik Lingkungan ITB. Proses koagulasi dilakukan pada limbah cair tekstil artifisial yang dibuat dengan melarutkan zat warna azo *Remazol Red RB133* dalam aquadest sehingga didapat konsentrasi warna 50 mg/L yang akan digunakan untuk semua percobaan dengan berbagai variasi. Persiapan koagulan juga dilakukan dengan melarutkan PAC teknis (kandungan Al sebesar 12,8%) sebesar 1% atau 10 g/L. Sebelum uji proses koagulasi tersebut, dilakukan pemeriksaan karakteristik awal berupa parameter fisik seperti kekeruhan, pH, konduktivitas, *Total Dissolved Solid* (TDS) dan kandungan organik dalam TOC.

Uji koagulasi dimulai dengan metode satu tahap (*One Stage Coagulation*) untuk mendapatkan dosis optimum dan kondisi pH yang optimum. Kecepatan pengadukan diatur pada 100 rpm selama 1 menit untuk pengadukan cepat pada proses koagulasi dan 60 rpm selama 10 menit untuk pengadukan lambat pada proses flokulasi. Sebelum pembubuhan koagulan, dilakukan pengaturan pH dengan penambahan H₂SO₄ untuk kondisi asam dan NaOH untuk kondisi basa. Pada proses *Two Stages Coagulation* dilakukan dengan prosedur yang sama seperti proses *One Stage Coagulation*, namun pembubuhan koagulan dibagi kedalam dua tahap sesuai dengan variasi dosis pada **Tabel 1** serta dua kali pengaturan pH, kemudian dilanjutkan dengan satu kali pengadukan lambat untuk proses flokulasi seperti ilustrasi yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Tabel 1. Variasi Parameter Pengukuran

Proses	Variasi Penelitian				
<i>One Stage Coagulation</i>	Dosis Koagulan(mg/L)		pH		
	0,08 ;0,12; 0,16; 0,2; 0,24; 0,28		asam (pH 5); netral (pH 7); basa (pH 9)		
<i>Two stages Coagulation</i>	Dosis Koagulan(mg/L)		pH		
	Tahap I	Tahap II	Tahap I - Tahap II		
	2/3 total	1/3 total	asam-basa	netral-netral	basa-asam
	1/2 total	1/2 total	asam-basa	netral-netral	basa-asam
	1/3 total	2/3 total	asam-basa	netral-netral	basa-asam



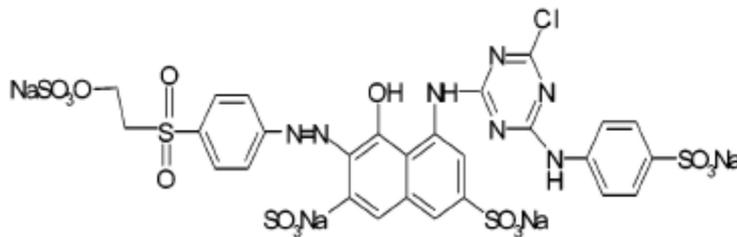
Gambar 1. Skema Proses *Two Stages Coagulation* (Carlson dan Gregory, 2000)

Setelah proses koagulasi dan flokulasi selesai, sampel dibiarkan selama 30 menit agar flok yang terbentuk dapat mengendap, kemudian dilakukan penyaringan. Penelitian dilanjutkan dengan pemeriksaan karakteristik akhir berupa kekeruhan, pH, konduktifitas dan *Total Dissolved Solid* (TDS) serta warna dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520nm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik awal Limbah Cair Warna

Untuk mengetahui efektifitas pengolahan limbah tekstil ini perlu dilakukan karakteristik awal dari kandungan fisik dan kimia maupun biologi pada limbah tersebut. Namun pada limbah artifisial yang dipakai dalam penelitian kali ini hanya menggunakan zat warna *Remazol Red RB133* tanpa penambahan bahan lain, sehingga tidak perlu dilakukan pemeriksaan parameter biologi yang mengindikasikan keberadaan mikrobiologi. Parameter fisik dan kimia yang diukur berupa kekeruhan, daya hantar listrik sebagai indikator keberadaan partikel terlarut, pH hingga kandungan organik. Struktur molekul zat warna yang dipakai seperti yang ditunjukkan **Gambar 2** juga akan mempengaruhi reaksi yang terjadi pada koagulasi dan flokulasi.



Gambar 2. Struktur Molekul Zat Warna *Remazol Red RB 133*

Limbah tekstil dengan konsentrasi zat warna *Remazol Red RB133* sebesar 50 mg/L berada pada rentang pH 5,5 – 6,5 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**, tingkat keasaman pada sampel sebagian besar dipengaruhi oleh nilai pH larutan aquadest hasil produksi Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan ITB. Kondisi sampel sangat jernih dan tidak ditemukan adanya partikel yang tersuspensi, hal ini menunjukkan bahwa seluruh zat warna terlarut sempurna dalam aquadest. Nilai daya hantar listrik atau konduktivitas diukur untuk mengetahui kandungan partikel terlarut dalam sampel. Dari hasil kalibrasi alat konduktivimeter didapatkan bahwa nilai *total dissolved solid* (TDS) kurang lebih setengah kali nilai konduktivitas yang terkandung dalam sampel tersebut.

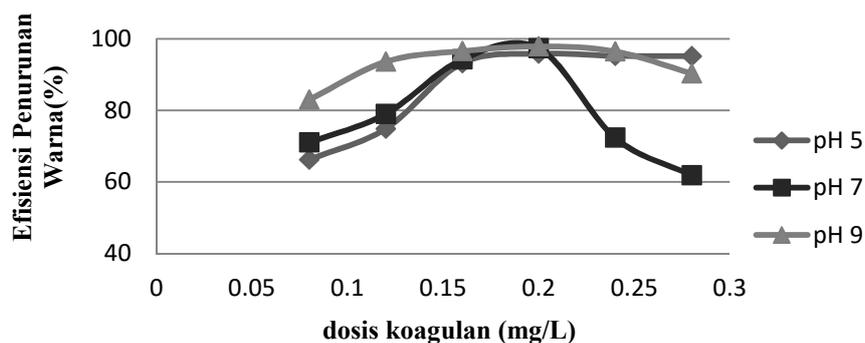
Tabel 2. Karakteristik Awal Limbah Zat Warna Cair *Remazol Red RB133*

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisis
1	Konsentrasi	mg/L	50
2	pH		5,5 - 6,5
3	Konduktivitas	$\mu\text{s/cm}$	36,4
4	Turbiditas	NTU	*TT
5	<i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	mg/L	20,02
6	<i>Total Organic Compound</i> (TOC)	mg/L	5

*TT = tidak terdeteksi

Hasil Pengolahan *One Stage Coagulation*

Penelitian ini menitikberatkan pada penurunan zat warna yang terkandung dalam sampel limbah melalui koagulasi. **Gambar 3** menunjukkan hasil penelitian *one stage coagulation* dimana kondisi optimum penyisihan warna berada pada dosis 0,2 mg/L PAC untuk semua variasi pH. Konsentrasi warna berkurang hingga dibawah 20 mg/L atau mencapai efisiensi penurunan warna 60%-98%.



Gambar 3. Efisiensi Penurunan Warna pada *One Stage Coagulation*

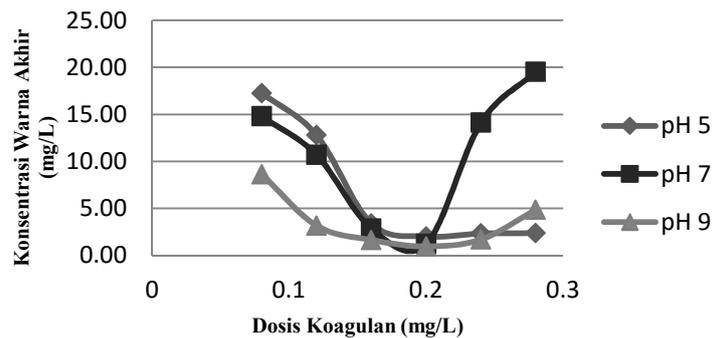
PAC di dalam air akan terdisosiasi melepaskan ion Al^{3+} yang dapat menurunkan nilai zeta potensial dari partikel, karena sifat ion ini sangat positif maka akan mengganggu kestabilan muatan pada sampel air sehingga gaya tolak menolak antar muatan zat warna akan berkurang dan terjadi gaya tarik menarik antara muatan koagulan dengan muatan pada zat warna. Penambahan gaya mekanis melalui pengadukan lambat (*slow mixing*) akan mempermudah terjadinya kontak antar partikel sehingga terjadi penggabungan partikel yang lebih besar dan mudah mengendap.

Pada **Gambar 4** dibawah dapat dilihat bahwa awalnya penurunan konsentrasi warna dalam limbah berbanding lurus dengan jumlah koagulan PAC yang ditambahkan, karena kandungan Al^{3+} yang masuk kedalam sampel juga semakin besar, akibatnya berpengaruh pada semakin banyaknya muatan negatif yang dapat diikat, hal ini tentu saja sangat sesuai untuk diaplikasikan pada pengolahan zat warna azo *Remazol Red RB133* yang juga merupakan zat warna anionik. Namun ketika mencapai konsentrasi tertentu efisiensi penurunan warna akan menurun karena tingkat kejenuhan partikel oleh koagulan (PAC) sehingga kelebihan koagulan ini justru akan menjadi partikel yang menambah kekeruhan dan mengganggu proses presipitasi.

Salah satu parameter penting pada proses koagulasi dengan menggunakan koagulan inorganik seperti *Poly Aluminium Chloride* (PAC) adalah pH, namun perlakuan pengaturan pH optimum tidak sama untuk setiap kondisi. Hal ini bergantung pada jenis koagulan dan kandungan organik dalam air yang akan diolah. PAC memiliki beberapa keunggulan dibandingkan koagulan lain seperti $Al_2(SO_4)_3$ atau koagulan berbasis Al lainnya dan juga koagulan berbasis Fe. Keunggulan PAC antara lain efisiensi pengolahan yang tinggi dengan konsentrasi rendah, dapat bekerja pada

temperatur rendah dan rentang pH yang cukup lebar. Efisiensi optimum pengolahan air menggunakan koagulan alum seperti $Al_2(SO_4)_3$ untuk penurunan *total organic compound* (TOC) dapat dicapai pada pH 6, sedangkan PAC dapat mencapai efisiensi lebih tinggi tidak hanya pada pH < 7 namun juga pada kondisi basa (Bogoeva-Gaceva et al., 2008).

Saat kondisi asam penurunan warna meningkat seiring dengan penambahan koagulan, pada pembubuhan dosis koagulan sebesar 0,08 mg/L, hanya 65,47% warna yang dapat disisihkan sedangkan dosis optimum terjadi pada 0,2 mg/L dengan efisiensi penurunan 96% dan kemudian menurun secara perlahan pada penambahan koagulan lebih besar dari pada 0,2 mg/L. Sedangkan pada kondisi netral terdapat peningkatan efisiensi untuk dosis koagulan 0,08 mg/L. Dosis optimum masih berada pada konsentrasi koagulan yang sama yaitu 0,2 mg/L, namun efisiensi penurunan warna pada dosis koagulan 0,24 mg/L dan 0,28 mg/L lebih kecil dibandingkan saat kondisi asam. Sedangkan kondisi pH optimum pengolahan limbah warna *Remazol Red RB133* melalui *one stage coagulation* dicapai pada kondisi basa (pH 9) dengan dosis PAC 0,2 mg/L. Konsentrasi warna setelah pengolahan mencapai 0,947 mg/L atau efisiensi hingga 98,11%.



Gambar 4 . Pengaruh Dosis Koagulan terhadap Penurunan Konsentrasi Warna dengan Variasi pH ($C_o = 50$ mg/L)

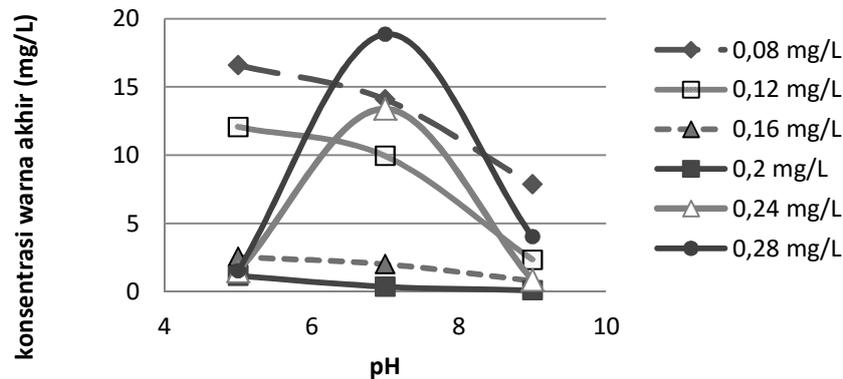
Hasil penelitian kali ini berbeda dengan literatur pada umumnya yang menyatakan bahwa kondisi pH optimum untuk koagulan PAC berada pada kondisi asam hingga netral. Pengolahan zat warna organik akan lebih efisien dilakukan pada kondisi pH < 6,5. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Klimiuk dan Filipkowska tahun 1998, penurunan limbah warna jenis *red DB* menggunakan PAC berada pada kondisi optimum pH 4-5,5. Hal ini mungkin saja terjadi akibat faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya seperti tipe kandungan organik yang dapat diperkirakan dengan melihat struktur molekul dari zat warna itu sendiri. Namun dari penelitian yang dilakukan oleh Gurces tahun 2001 menyatakan bahwa penurunan warna *Remazol Red RB* melalui koagulasi dan flokulasi memberikan hasil optimum pada pH tinggi (kondisi basa) sekitar 10,5 terutama saat proses sedimentasi terjadi. Dengan kenaikan pH maka kelarutan alumunium hidroksida solid juga akan meningkat. Peningkatan kelarutan ini

sebanding dengan peningkatan muatan negatifnya karena adsorpsi antara koloid dengan ion Al^{3+} terjadi saat kondisi basa (Gurses, 2001). Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Al-Malack tahun 1997 dan Ogedengbe pada tahun 1984, penurunan kekeruhan (turbiditas) paling optimum pada air hasil proses koagulasi menggunakan koagulan berbasis Fe dan juga Alum didapat pada pH 9 (Al-Malack et al., 1997). Penambahan basa sebanding dengan peningkatan alkalinitas sehingga pemakaian alkalinitas dalam proses adsorpsi koloid akan semakin besar (Ogedengbe, 1984).

Pada kondisi basa, produk hidroksida yang akan terbentuk adalah $Al(OH)_3$ yang masih dapat terendapkan. Namun jika pH air semakin tinggi, Al dapat terhidrolisis menjadi $Al(OH)_4^-$ dengan kelarutan tinggi. Hal ini menunjukkan penurunan nilai muatan yang terkandung dalam Al dan mengurangi efektifitasnya sebagai koagulan. Pada kenyataannya pertukaran molekul air dengan gugus hidroksil ini dapat melakukan adsorpsi lebih kuat terhadap koloid disekitarnya membentuk flok dan kemudian berikatan dengan koloid lainnya atau dikenal dengan *sweep flocculation* (Kenneth, 1978). Hal ini juga terjadi pada PAC yang merupakan polimer berbasis Al dengan rantai panjang dan jumlah muatan lebih besar, sehingga produk hidrolisis yang terbentuk masih memiliki muatan yang lebih besar dibandingkan dengan koagulan lainnya. Dengan begitu kemampuan adsorpsi terhadap koloid akan semakin besar pula.

Berdasarkan hasil penelitian Sumarno dalam Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia tahun 2009 yang melakukan koagulasi dengan mengkombinasikan flokulan *Starch-Graft-Polyacrylamide* dengan PAC untuk menghilangkan warna *reactive red* pada limbah cair didapatkan kondisi optimum pada pH 11. Pada saat penambahan basa (NaOH) terjadi adsorpsi warna oleh ion OH^- , semakin banyak NaOH yang digunakan juga memungkinkan pertukaran gugus reaktif Cl^- dari pewarna dengan OH^- dimana dengan lepasnya gugus reaktif tersebut akan mempermudah reaksinya St-g-PAM (Sumarno dkk, 2009). Sedangkan pada penelitian ini, pelepasan gugus reaktif tersebut akan memudahkan zat warna berikatan dengan PAC.

Pada larutan asam ($5,5 < pH < 6$), koagulasi-flokulasi terjadi melalui netralisasi dan diikuti dengan presipitasi, sedangkan pada $pH > 6,5$ penurunan materi organik terjadi melalui adsorpsi yang menghasilkan partikel-partikel besar (Bottero dan Bersillon, 1988). **Gambar 5** menunjukkan pengaruh pH terhadap penurunan warna setelah koagulasi dengan berbagai variasi dosis koagulan. Penurunan warna akibat pembentukan flok yang cukup sempurna terjadi pada kondisi asam (pH 5) melalui netralisasi muatan dan penurunan warna optimum terjadi pada kondisi basa (pH 9) akibat adsorpsi yang kuat.



Gambar 5. Pengaruh pH terhadap Penurunan Konsentrasi Warna pada *One Stage Coagulation* ($C_0 = 50 \text{ mg/L}$)

Hasil Pengolahan *Two Stages Coagulation*

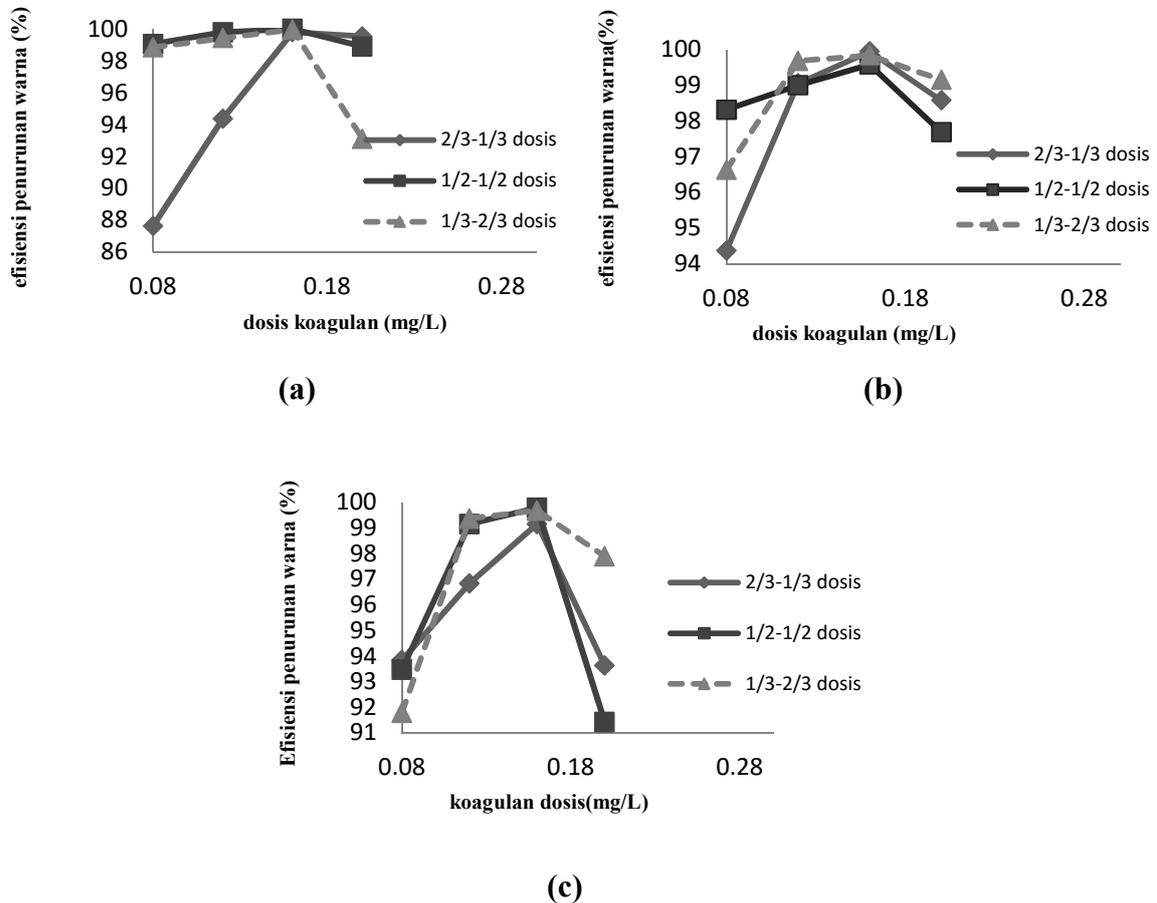
Secara garis besar, penurunan konsentrasi meningkat seiring dengan penambahan dosis koagulan, namun pada *Two Stages Coagulation* dosis optimum yang diperlukan lebih rendah yaitu 0,16 mg/L dibandingkan dengan *one stage coagulation*. Hal ini menunjukkan pembubuhan koagulan dalam dua tahap memberikan kesempatan adsorpsi koloid dalam limbah warna menjadi lebih optimal.

Pengaturan kondisi proses menjadi sangat penting dalam *two stages coagulation*, dalam penelitian kali ini kondisi proses menitik beratkan pada pengaruh pH dan pembubuhan dosis koagulan untuk setiap tahap. **Gambar 6.a** menunjukkan pengaruh terhadap penambahan asam untuk tahap pertama dan dilanjutkan dengan menaikkan pH pada tahap kedua. Pada kondisi asam, PAC akan terhidrolisis dengan air membentuk muatan yang bersifat positif sehingga akan dengan mudah menetralkan zat warna *remazol red RB* yang merupakan zat warna anionik karena mengandung gugus sulfonat (Natalia, 2008). Kemudian pada kondisi basa, adsorpsi sisa koloid akan terjadi dan dilanjutkan dengan *sweep flocculation* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Pembubuhan PAC optimum dilakukan dengan membagi rata volum dosis nya, efisiensi mencapai 100% pada dosis koagulan 0,16 mg/L. Mekanisme pembubuhan yang disarankan adalah dengan memberikan dosis koagulan lebih besar pada tahap pertama sehingga kebutuhan permukaan hidroksida logam akan terpenuhi untuk adsorpsi organik hidrofobik (Carlson dan Gregory, 2001). Namun pada limbah warna yang digunakan hanya mengandung zat warna *Remazol Red* dengan sifat hidrofilik, sehingga penambahan setengah dari dosis koagulan sudah cukup untuk menetralkan muatan zat warna tersebut.

Sedangkan **Gambar 6.b** menunjukkan kondisi pH pada tahap pertama dan tahap kedua adalah netral, efisiensi penurunan konsentrasi warna secara garis besar memberikan hasil yang sangat baik dan efisiensi paling optimum (99,95%) dicapai saat pembubuhan dosis koagulan sebesar 0,16 mg/L dengan pembagian 2/3-1/3 (tahap I – tahap II), menurut penelitian oleh Carlson tahun 2000, menjelaskan bahwa tidak terjadi restabilisasi koloid sehingga aluminium hidroksida dapat mengadsorpsi organik hidrofobik dengan cepat. Pada kondisi pH basa untuk tahap pertama dan dilanjutkan dengan asam pada tahap kedua (**Gambar 6.c**) menunjukkan dosis optimum adalah

0,16mg/L dengan pembubuhan koagulan 1/2-1/2 (tahap I – tahap II), efisiensi mencapai 99,79%. Secara umum kondisi pH yang optimum adalah asam pada tahap pertama dan basa pada tahap kedua koagulasi, sedangkan pembubuhan koagulan diatur dengan pembagian sama rata (50:50) untuk mendapatkan hasil pengolahan yang optimum.

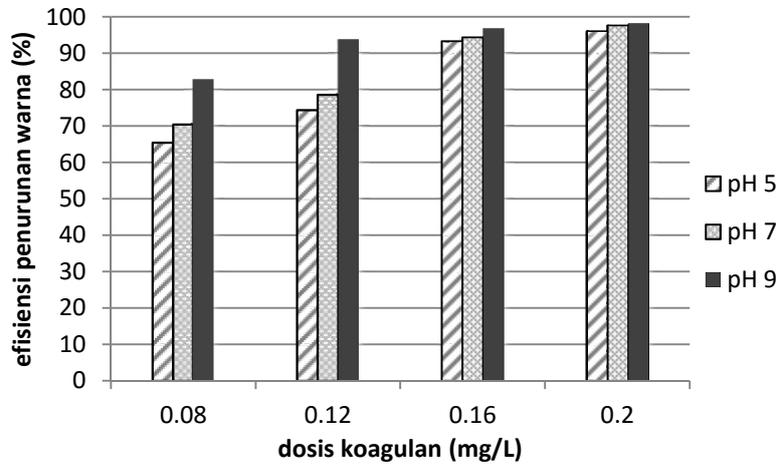


Gambar 7. Pengaruh Variasi Kondisi Proses terhadap Efisiensi Penurunan Konsentrasi Warna **(a)** Variasi pH Asam(tahap I) – Basa(tahap II); **(b)** Variasi pH Netral(tahap I) – Netral(tahap II); **(c)** Variasi pH Basa(tahap I) – Asam(tahap II)

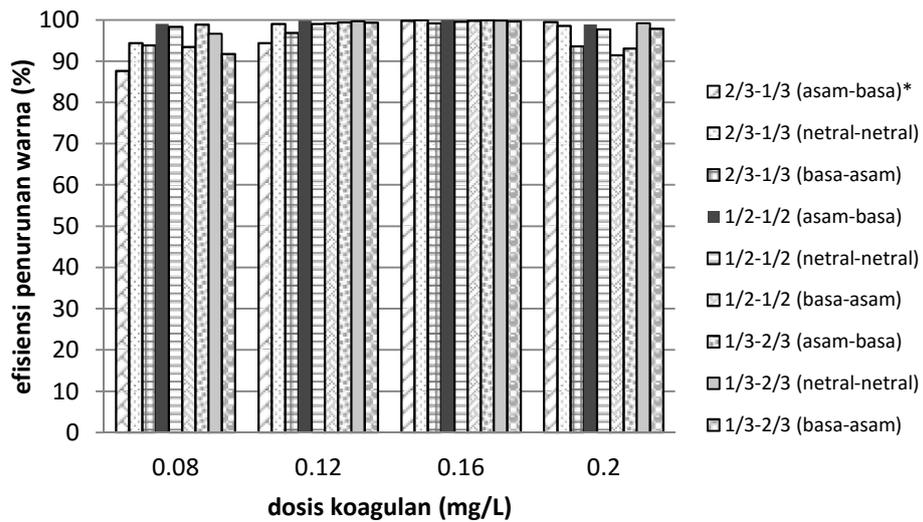
Perbandingan Hasil Pengolahan melalui *One Stage Coagulation* dan *Two Stages Coagulation*

Sedangkan hasil pengolahan limbah zat warna *Remazol Red RB 133* melalui *Two Stages Coagulation* secara umum memberikan efisiensi lebih baik pada semua variasi dosis koagulan dibandingkan dengan *One Stage Coagulation* seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 7.a** dimana didapat efisiensi penurunan paling kecil mencapai 65,47% dan optimum mencapai 98,11%. Sedangkan pada **Gambar 7.b** didapatkan efisiensi penyisihan warna melalui *Two Stages Coagulation* mencapai lebih dari 80% dengan nilai optimum hingga 100%. Metode *Two Stages Coagulation* ini diperkirakan lebih efektif terutama untuk pengolahan air dengan *natural organic matter* (NOM) yang tinggi. Pada tahap pembubuhan koagulan yang pertama akan terjadi adsorpsi NOM hidrofobik secepatnya oleh *precipitated alum hidroxide* ($AL(OH)_3$) dan dilanjutkan dengan *sweep flocculation* oleh padatan hidroksida aluminium. Sedangkan pada tahap

kedua pembubuhan koagulan akan mengadsorpsi materi organik hidrofilik lainnya dan setelah itu juga dilanjutkan dengan penggumpalan hingga dapat menurunkan jumlah partikel penyebab kekeruhan (Carlson dan Gregory, 2000).



(a)



(b)

Keterangan * two stages coagulation dengan pembubuhan 2/3 dari dosis koagulan pada kondisi asam (tahap I) dan 1/3 dari dosis koagulan pada kondisi basa (tahap II)

Gambar 7. Grafik Efisiensi Penurunan Warna Setelah Pengolahan; (a) *One Stage Coagulation*; (b) *Two Stages Coagulation*

4. KESIMPULAN

Pengolahan limbah warna tekstil yang terdiri dari zat warna *Remazol Red RB133* dapat mengalami penurunan warna melalui proses koagulasi dengan penambahan zat kimia *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Proses *Two Stages Coagulation* memberikan efisiensi penurunan warna yang lebih maksimal dibandingkan dengan proses *One Stage Coagulation*. Kondisi optimum pada *One Stage Coagulation* didapat dengan

menggunakan 0,2 mg/L PAC pada kondisi basa. Sedangkan pada *Two Stages Coagulation*, dosis optimum yang dibutuhkan lebih kecil yaitu 0,16 mg/L sehingga lebih menguntungkan dan ekonomis. Kondisi proses koagulasi sangat penting dalam *Two Stages Coagulation*, pembagian variasi dosis secara merata (1/2:1/2) untuk setiap tahap dan diikuti dengan pengaturan pH rendah (asam) untuk tahap pertama dan pH tinggi (basa) untuk tahap kedua menghasilkan efisiensi paling efektif hingga mencapai 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Malack, Muhammad. H. Abuzaid, Nabil.Said dan El-Mubarak, Aarif.H.1999. *Coagulation of Polymeric Wastewater Discharged by a Chemical Factory*. *Wat.res.* Vol. 33, No.2. pp 521-529
- Bogeva-Gordeva, Gordana.,Buzarovska. Aleksandra.2008. *Discolorationof Synthetic Dyeing Wastewater Using Poly Aluminium Chloryd*. *G.U. Journal of Science*. Vol 21(4).123-128
- Bottero, J.Y. Bersillon,J.L. 1988. *Aluminum and Iron (III) Chemistry. Aquatic Humic Substances*.Vol.26, pp425-442
- Carlson, K.H., Gregory D., 2000. *Optimizing Water Treatment With Two Stage Coagulation*. *Journal of Enviromental Engineering* . Vol 126: pp 556-561
- Fitria, Dewi. 2008. *Penurunan Warna dan Kandungan Zat Organik Air Gambut dengan Cara Two Stages Coagulation*. M.T. tesis. ITB. Bandung
- Gunadi, Natalia. 2008. *Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Remazol Red RB 133 dalam Sistem TiO₂ Suspensi*. Tugas Akhir. UI. Depok
- Gurses. Ahmet, Dogar. Cetin, dan Mehmetyalcini.2003.*Removal of Remazol Red RB by Using Al(III) as Coagulant-Flocculant:Effect of Some Variables on Settling Velocity. Water,Air,and Soil Pollutio*.Vol.146:297-318
- Kenneth, James Ives. 1978. *The Scientifc Basis of Flocculation*. Kluwer Academic. Netherland
- Klimiuk,E., Filipkowska, U.1999. *Effect of pH and Coagulant Dosage on Effectiveness of Coagulation of Reactive Dyes from Model Wastewater by Poly Aluminium Chloryde (PAC)*. *Polish Journal of Environmental*.Vol.8, No.273- 279
- Ogedengbe, Olusola. 1984. *Alkalinity Consumption During Water Coagulation*.*Journal of Environmental Engineering*. Vol.110. pp 290-295
- Sumarno, Permata, Nadia, Purnamasari. Putri,.2009. *Kombinasi Flokulan Starch -Graft - Polyacrylamide dengan Polyaluminium Chloryde Untuk Penghilang Warna pada Limbah Cair*. Seminar Nasional Teknik