

EFFECTIVITY OF BROADBEAN (*Vicia faba*) AS A BIOCOAGULANT TO REHABILITATE PHYSIC AND CHEMICAL CHARACTER OF PULP AND PAPER MILL WASTE WATER

Saefudin^{1(v)}, Miranti Aryani¹, Tina Safaria¹

¹Program Studi Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia
Bandung, 40154,

^(v)Alamat korespondensi:

Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia
Bandung, 40154,

e-mail: adenimi2000@hotmail.com

ABSTRACT

Efectivity of broad bean (*Vicia faba*) as a biocoagulant to rehabilitate Physically and Chemically Pulp and Paper Mill Waste Water by coagulation-flocculation had been carried out. Coagulation-flocculation is important process in wastewater treatment that are used to remove colloid and suspended particles. The aim of this research was to study the ability and the optimum concentration of *Vicia faba* to rehabilitate pulp and paper waste water. The observed parameters during this research were turbidity, Total Suspended Solid, Total Hardness and Chemical Oxygen Demand. The experiment design was Randomize Complete Design using five replication with five level concentrations (0,02%; 0,04%; 0,06%; 0,08%; 0,1%). The result of experiment indicated that the optimum concentration of *Vicia faba* was around 0,1%, over 98,5% turbidity removals was achieves at the 0,1% concentration and the Total Suspended Solid removals efectivity was 74,8%. *Vicia faba* at 0,1% concentration gave removals of 60,6% for Chemical Oxygen Demand and 41,6% for total hardness.

Keywords : **Coagulation-flocculation, Biocoagulant, Vicia faba, Pulp and Paper Mill Waste Water**

EFEKTIVITAS BIOKOAGULAN KACANG BABI *Vicia faba* DALAM MEMPERBAIKI SIFAT FISIK DAN KIMIAWI LIMBAH CAIR INDUSTRI PULP DAN KERTAS

Telah dilakukan penelitian mengenai efektivitas kacang babi *Vicia faba* sebagai koagulan dalam memperbaiki sifat fisik dan kimiawi limbah cair industri pulp dan kertas melalui proses koagulasi-flokulasi. Proses koagulasi-flokulasi merupakan salah satu proses pengolahan limbah secara fisik yang bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel koloid maupun tersuspensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan konsentrasi *Vicia faba* yang optimum dalam memperbaiki sifat fisik kimiawi limbah cair industri pulp dan kertas. Sifat fisik yang diteliti mencakup turbiditas dan total padatan tersuspensi (TSS) limbah, sedangkan sifat kimiawi yang diteliti mencakup kandungan kesadahan dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan lima taraf konsentrasi yaitu 0,02%; 0,04%; 0,06%; 0,08% dan 0,1% (v/v) masing-masing dengan lima kali pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,1% mampu menurunkan turbiditas limbah hingga mencapai 98,5%,

sedangkan efektivitas penurunan TSS limbah yang dihasilkan mencapai 74,8%. Untuk parameter kimiawi, pada konsentrasi tersebut mampu menurunkan kesadahan limbah hingga 41,6%, sedangkan efektivitas penurunan COD limbah yang dihasilkan mencapai 60,6%.

Kata kunci : **Koagulasi-flokulasi, Biokoagulan, *Vicia faba*, Limbah cair industri pulp dan kertas**

PENDAHULUAN

Industri pengolahan hasil hutan, salah satunya industri pulp dan kertas, merupakan salah satu penyumbang limbah cair yang cukup berbahaya bagi lingkungan. Peningkatan produksi pada industri tersebut diikuti dengan adanya air buangan dengan kadar polutan yang cukup tinggi (Dwinarjati, 1995). Menurut Singh (1976), air buangan pada industri pulp dan kertas terutama dihasilkan dari proses *pulping*, *bleaching* dan *papermaking*. Polutan dalam air buangan tersebut adalah senyawa organik koloid, serat hemiselulosa, zat pengurai serat, perekat, kandungan selulosa, serat sintetik, dan bahan seluler lainnya. Bahan-bahan polutan di atas menyebabkan tingginya tingkat kekeruhan air limbah dan tingginya kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Setyorini, 2002; Wardhana, 2004). Limbah industri pulp dan kertas juga mengandung beberapa bahan kimia anorganik seperti NaOH, CaCO₃ dan klorin (kaporit) (Setyorini, 2002).

Proses koagulasi-flokulasi merupakan salah satu tahapan pengolahan limbah secara fisik-kimia. Tahap ini memegang peranan penting untuk menghilangkan partikel-partikel terlarut dan tersuspensi. Secara umum, proses koagulasi-flokulasi merupakan proses pengumpulan partikel-partikel halus yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi menjadi partikel yang lebih besar (Waluyo, 2005). Pada umumnya bahan kimia yang digunakan pada proses koagulasi-flokulasi pada pengolahan limbah cair adalah *Polyaluminiumchloride* (PAC). PAC atau yang lebih dikenal dengan nama alum merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan limbah industri pulp dan kertas. Penggunaan alum efektif dalam pengolahan limbah tetapi dapat menimbulkan kerugian diantaranya menambah residu terlarut dan kandungan logam pada lumpur hasil pengendapan (Ghebremichael, 2004). Residu dari alum

dapat membahayakan kesehatan, salah satu diantaranya adalah penyakit *alzheimers* (Liew *et al.*, 2004; Nkhata, 2001).

Penggunaan beberapa bahan kimia dalam pengolahan air limbah terbukti menimbulkan dampak negatif baik bagi lingkungan maupun kesehatan masyarakat (Liew *et al.*, 2004; Ghebremichael, 2004). Hal ini menyebabkan dibutuhkan suatu koagulan alternatif yang keberadaannya dapat menggantikan fungsi dari PAC yang biasa digunakan dalam pengolahan limbah industri khususnya limbah cair industri pulp dan kertas.

Beberapa bahan alami yang telah diketahui dapat berperan sebagai koagulan alternatif diantaranya *Moringa oleifera* (Babu & Chauduri, 2005; Sutherland *et al.*, 1990; Ndabigengesere & Narasiah, 1998), *Strychnos potatorum* (Cohen & Hannah, 1971), *Vigna unguiculata* (Liew *et al.*, 2004), dan beberapa kacang-kacangan seperti *Vicia faba*, *Phaseolus lunatus*, dan *Phaseolus vulgaris* (Tauscher, 1994 dalam Lestari, 2005). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa koagulan alami seperti *Moringa oleifera* dan beberapa tumbuhan lainnya terbukti lebih efektif dalam pengolahan limbah dibandingkan dengan penggunaan PAC baik dalam hal turbiditas dan kandungan kimia dari limbah yang dihasilkan. Penggunaan *Moringa oleifera* sebagai koagulan alami pada pengolahan limbah domestik secara signifikan dapat menurunkan kadar materi tersuspensi dan beberapa jenis logam berat dibandingkan limbah yang diolah dengan menggunakan PAC (Ndabigengesere & Narasiah, 1998). Penggunaan tumbuhan ini dalam pengolahan limbah domestik juga dapat menurunkan turbiditas limbah hingga 98,94% (Folkard & Sutherland, 2001). Penggunaan *Vigna unguiculata* sebagai koagulan alami dalam pengolahan limbah dapat menurunkan turbiditas hingga lebih dari 80%. Penggunaan koagulan alami dalam pengolahan limbah terbukti dapat menghemat biaya, mengurangi endapan yang dihasilkan, dan tentu saja mudah diuraikan (*biodegradable*) (Ghebremichael, 2004).

Dari sekian banyak tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai koagulan alami, *Vicia faba* memiliki daya koagulan yang tinggi, hanya saja pemanfaatannya belum dilakukan secara optimal dalam pengolahan limbah di Indonesia dibandingkan dengan koagulan lain seperti *Moringa oleifera* yang telah diketahui

efektifitasnya dalam pengolahan beberapa jenis limbah. *Vicia faba* dikenal memiliki kandungan protein yang cukup tinggi yaitu berkisar 20-25% dan beragam jenis asam amino dengan kadar yang cukup tinggi, dalam 100 gram *Vicia faba* terkandung 26,2 gram protein (Duke, 1983). Protein yang terkandung dalam kacang babi (*Vicia faba*) inilah yang nantinya diharapkan dapat menggantikan fungsi dari PAC. Protein yang merupakan salah satu penyusun dari kacang babi (*Vicia faba*) dan beberapa tanaman famili Leguminosae lainnya dapat berfungsi sebagai polielektrolit kationik alami dan menunjukkan hasil koagulasi positif (Babu & Chauduri, 2005; Sutherland *et al.*, 1990). *Vicia faba* dapat dijadikan koagulan alternatif khususnya di Indonesia karena keberadaannya di alam yang sangat banyak dan sangat mudah untuk dibudidayakan. Salah satu penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa penggunaan *Vicia faba* efektif dalam memperbaiki sifat fisik dan kimiawi air baku air minum (Lestari, 2005).

Penggunaan konsentrasi *Vicia faba* yang tepat sangat penting dalam keefektifitasannya memperbaiki sifat fisik dan kimiawi limbah. Konsentrasi *Vicia faba* yang terlalu minim atau berlebih, sedikit banyak akan mempengaruhi sifat fisik dan kimiawi limbah yang dihasilkan. Penambahan koagulan yang terlalu sedikit akan mengakibatkan partikel koloid yang telah terdestabilkan oleh penambahan koagulan akan stabil kembali karena jumlah koagulan yang digunakan tidak mampu untuk menjembatani seluruh partikel yang terdapat dalam limbah (Cohen & Hannah, 1971), sedangkan penambahan koagulan yang berlebihan dapat menambah tendensi flok sehingga flok bukannya teragregasi tetapi terstabilkan kembali (Anonim, 2003). Berdasarkan latar belakang tersebut maka diperlukan penelitian untuk mengetahui kemampuan dan konsentrasi *Vicia faba* yang optimum sebagai koagulan dalam pengolahan limbah cair industri pulp dan kertas sehingga dapat memenuhi baku mutu limbah cair.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni hingga September 2006. Penelitian dan analisis fisik limbah dilakukan di lab. Fisiologi Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA UPI. Analisis kimia limbah dilakukan di lab. Kimia analitik UNPAD.

Materi utama yang digunakan di dalam penelitian ini adalah kacang babi *Vicia faba* yang diperoleh dari Pegunungan Dieng, Kecamatan Wonosobo, Jawa Tengah serta limbah cair industri pulp dan kertas dari proses pembuatan kertas halus. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Penelitian Acak Lengkap terdiri atas 1 kontrol dan 5 perlakuan yang masing-masing terdiri atas 5 kali pengulangan yang ditentukan berdasarkan penelitian pendahuluan.

Cara Kerja

Pembuatan Suspensi Kacang babi *Vicia faba*

Kacang babi yang digunakan dalam pembuatan suspensi adalah kacang babi tua kering yang berwarna coklat. Kacang babi kemudian direndam dengan air dingin selama 12 jam kemudian dikupas kulitnya dan dikeringkan. Kacang babi yang telah kering kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender, diayak, dan disaring hingga didapatkan serbuk halus. Serbuk halus kacang babi dibuat suspensi 2% (b/v) dengan menggenapkan 2g serbuk dengan aquades hingga volumenya 100 ml. Serbuk yang telah dicampur dengan aquades, akan melarutkan proteinnya yang dapat berperan sebagai polielektrolit kationik alami (Sutherland *et al.*, 1990). Pembuatan suspensi kacang babi sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan dilakukan dengan cara pengenceran dengan rumus $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$.

Pelaksanaan Jar Test

Sampel air limbah terlebih dahulu diukur pH, turbiditas, COD, kesadahan, dan temperaturnya. Sampel air limbah kemudian diaduk dengan menggunakan stirer hingga homogen. Suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang diinginkan selanjutnya dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan digenapkan dengan sampel limbah hingga volumenya 500 ml. Sampel limbah yang telah ditambahkan suspensi *Vicia faba* kemudian diatur tingkat keasamannya hingga mencapai pH 3 yang diperoleh dari tahap pra penelitian dengan menambahkan H₂SO₄ 2 M dan NaOH 10 %. Sampel limbah diaduk dengan kecepatan tinggi 156 rpm selama 10 menit dan kecepatan rendah 40 rpm selama 15 menit (Hidayat, 1999). Setelah

tahap jar tes selesai sampel kemudian didiamkan selama 120 menit (± 2 jam), hal ini diperlukan untuk menunjang proses sedimentasi.

Variabel Pengamatan

Kandungan turbiditas diukur dengan menggunakan *Portabel Turbidity Meter*. Total Padatan Tersuspensi (TSS) diukur dengan menggunakan metode pengeringan pada suhu 103-105°C (APHA, AWWA dan WCPF, 1985; Hauser, 2002). Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah diukur dengan menggunakan metode reflux terbuka (APHA, AWWA dan WCPF, 1985). Kandungan kesadahan limbah diukur dengan menggunakan metode titrasi dengan *Etilen Diamine Tetra Asetat* (EDTA) (APHA, AWWA dan WCPF, 1985). Pengukuran pH limbah dilakukan dengan pH meter (APHA, AWWA dan WCPF, 1985).

Analisis Data

Data-data turbiditas (NTU), TSS (mg/l), kesadahan (CaO/l) dan COD (mg/l) yang diperoleh dihitung efektivitasnya dengan menggunakan rumus efektivitas (Sofiany, 1999). Nilai efektivitas yang diperoleh diuji dengan menggunakan analisis statistik Analisis Variansi (ANOVA) dengan taraf signifikansi 0,05 ($\alpha = 0,05$), dan dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf signifikansi 0,05. Data diolah dengan menggunakan perangkat Software SPSS Versi 12.0 .

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Turbiditas Limbah

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa efektivitas penurunan turbiditas limbah yang dihasilkan semakin baik seiring dengan meningkatnya konsentrasi *Vicia faba* yang diberikan.

Tabel 1 Data nilai akhir turbiditas limbah dan efektivitas penurunan turbiditas setelah proses koagulasi-flokulasi oleh suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang berbeda-beda

No	Konsentrasi <i>Vicia faba</i> (%)	Turbiditas (NTU)		Efektivitas penurunan (%)
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan	
1	0	372,3	139,4	62,6
2	0,02	295,3	21,6	92,7
3	0,04	233,1	9,7	95,8
4	0,06	250,9	9,9	96,1
5	0,08	253,8	8,3	96,7
6	0,1	264,7	3,9	98,5

Efektivitas penurunan turbiditas terendah terdapat pada pemberian konsentrasi *Vicia faba* sebanyak 0,02% yaitu sebesar 92,7% sedangkan efektivitas penurunan turbiditas tertinggi terjadi pada limbah dengan penambahan konsentrasi *Vicia faba* sebanyak 0,1% yaitu sebesar 98,5%. Berdasarkan perhitungan statistika dengan menggunakan analisis statistik Kruskal wallis pada taraf signifikansi 5% untuk efektivitas turbiditas, diperoleh nilai sig. > 0,05. Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan median efektivitas penurunan turbiditas yang dihasilkan akibat pemberian suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang berbeda. Hasil Kruskal Wallis didukung dengan uji Tukey pada taraf kepercayaan 5% memperlihatkan bahwa antara perlakuan konsentrasi 0,02% dengan konsentrasi 0,08% dan 0,1% menunjukkan efektivitas penurunan turbiditas yang berbeda nyata (nilai sig. < 0,05), sedangkan antara perlakuan konsentrasi 0,04% dengan semua konsentrasi, perlakuan konsentrasi 0,06% dan semua konsentrasi, dan konsentrasi 0,08% dengan 0,1% memperlihatkan hasil yang tidak berbeda nyata. Sehingga untuk aplikasi pengolahan limbah di lapangan untuk parameter turbiditas dapat dilakukan dengan penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,04; 0,06; dan 0,08% walaupun efektivitas penurunan turbiditas tertinggi diperoleh pada pemberian *Vicia faba* dengan konsentrasi 0,1%. Tabel 1 memperlihatkan efektivitas penurunan turbiditas limbah meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *Vicia faba* yang diberikan, hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi polielektrolit yang diberikan, efektivitas penurunan turbiditas yang dihasilkan semakin baik karena penambahan konsentrasi elektrolit

akan mengakibatkan berkurangnya kestabilan koloid dan akan mengurangi gaya tolak menolak antar partikel sehingga menunjang proses pengendapan (Olphen, 1977). Limbah cair industri pulp dan kertas sebagian besar terdiri atas bahan organik. Limbah yang sebagian besar mengandung bahan organik memiliki koloid dengan muatan negatif. Limbah ini sangat sulit untuk terkoagulasi sehingga dosis koagulan yang dibutuhkan dalam hal ini gugus NH_3^+ yang terdapat pada protein akan semakin banyak untuk mendukung terjadinya ikatan antara protein kacang babi dengan koloid (Amirtharajah & O'Melia, 1990; Cohen & Hannah, 1971). Efektivitas penurunan turbiditas terendah dihasilkan pada penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,02%, hal ini terjadi karena penambahan polielektrolit dengan konsentrasi rendah akan menyebabkan proses koagulasi diperlambat karena terdapat gaya tolak menolak yang sangat kuat yang menyebabkan koloid tetap stabil (Olphen, 1977).

2. Total Padatan Tersuspensi

Tabel 2 menunjukkan bahwa efektivitas penurunan TSS mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi suspensi *Vicia faba* yang diberikan. Efektivitas penurunan TSS tertinggi terdapat pada limbah dengan penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,1% sebesar 74,8%, sedangkan efektivitas penurunan TSS terendah terdapat pada penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,02% yaitu 43,5%.

Tabel 2 Data kandungan akhir TSS limbah dan efektivitas penurunan TSS setelah proses koagulasi-flokulasi oleh suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang berbeda-beda

No	Konsentrasi <i>Vicia faba</i> (%)	TSS (mg/l)		Efektivitas penurunan (%)
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan	
1	0	231,2	231,2	0
2	0,02	231,2	130,6	43,5
3	0,04	231,2	100,2	56,7
4	0,06	231,2	98,2	57,5
5	0,08	231,2	87,6	62,1
6	0,1	231,2	58,2	74,8

Berdasarkan perhitungan statistika dengan menggunakan uji ANAVA pada taraf signifikansi 5%, diperoleh nilai sig. > 0,05. Nilai ini menunjukkan adanya perbedaan efektivitas penurunan TSS karena pemberian suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang berbeda. Hasil ANAVA didukung dengan uji Tukey pada taraf kepercayaan 5% memperlihatkan bahwa antara perlakuan konsentrasi 0,02% dengan semua konsentrasi dan 0,1% dengan semua konsentrasi menunjukkan efektivitas penurunan TSS yang berbeda nyata (nilai sig. < 0,05), sedangkan untuk perlakuan konsentrasi 0,04% dengan 0,06% dan 0,08% menunjukkan efektivitas penurunan TSS yang tidak berbeda nyata. Timbulnya perbedaan hasil efektivitas penurunan TSS pada beberapa konsentrasi diduga karena adanya jumlah gugus yang berbeda pada protein untuk setiap konsentrasi. Semakin banyak rantai peptida, kemampuan protein untuk mengikat partikel koloid semakin besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada rentang konsentrasi yang diberikan, efektivitas penurunan TSS tertinggi diperoleh pada konsentrasi tertinggi yaitu 0,1%, hal ini terjadi karena efek dari polielektrolit terhadap kestabilan koloid tergantung pada konsentrasinya. Penambahan elektrolit dengan konsentrasi yang tinggi, akan menghilangkan gaya tolak menolak antar koloid sehingga menyebabkan penggabungan partikel maksimum (Olphen, 1977). Selain pH dan dosis koagulan, salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya jumlah materi tersuspensi dalam limbah adalah proses pengadukan, proses ini menyebabkan partikel terdestabilisasi yang mencakup pengurangan gaya tolak menolak antar partikel dan pada akhirnya menimbulkan kontak dan agregasi partikel (Culp *et al.*, 1986; Cohen & Hannah, 1971).

3. Kesadahan (Total hardness)

Tabel 3 menunjukkan bahwa efektivitas *Vicia faba* dalam menurunkan angka kesadahan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi suspensi *Vicia faba* yang diberikan. Efektivitas penurunan kesadahan tertinggi dihasilkan pada limbah dengan penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,1% sebesar 41,6%, sedangkan efektivitas penurunan kesadahan

terendah dihasilkan pada penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,02% yaitu 19,9%.

Tabel 3 Data kandungan akhir kesadahan limbah dan efektivitas penurunan kesadahan setelah proses koagulasi-flokulasi oleh suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang berbeda-beda

No	Konsentrasi <i>Vicia faba</i> (%)	Kesadahan (mgCaO/l)		Efektivitas penurunan (%)
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan	
1	0	128,7	128,7	0
2	0,02	128,7	103,1	19,9
3	0,06	128,7	101,8	20,9
4	0,1	128,7	75,2	41,6

Berdasarkan perhitungan statistika dengan menggunakan uji ANAVA pada taraf signifikansi 5%, diperoleh nilai sig. > 0,05. Nilai ini menunjukkan adanya perbedaan efektivitas penurunan kesadahan karena pemberian suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang berbeda. Hasil ANAVA didukung dengan uji Tukey pada taraf kepercayaan 5% memperlihatkan bahwa antara perlakuan konsentrasi 0,1% dengan 0,02% dan 0,1% dengan 0,06% menunjukkan efektivitas penurunan kesadahan yang berbeda nyata (nilai sig. < 0,05), sedangkan untuk perlakuan konsentrasi 0,02% dengan 0,06% menunjukkan penurunan kesadahan yang tidak berbeda nyata, dimana efektivitas penurunan kesadahan tertinggi diperoleh pada pemberian *Vicia faba* dengan konsentrasi 0,1%. Timbulnya perbedaan hasil efektivitas penurunan kesadahan pada beberapa konsentrasi disebabkan karena dengan penambahan rantai peptida, kemampuan senyawa tersebut untuk mengikat ion logam yang sama juga bertambah cepat (Darmono, 1995). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi polielektrolit yang diberikan, efektivitas penurunan kesadahan yang dihasilkan semakin baik. Hal ini terjadi karena hampir semua ion logam selalu berinteraksi dengan kompleks protein secara cepat karena protein memiliki gugus amina dan karboksil yang dapat mengikat logam (Darmono, 1995). Interaksi antara logam dengan protein dapat berupa ikatan ionik, kovalen polar dan kompleks. Dalam ikatan ini, protein berfungsi sebagai sumber gugus fungsi seperti karboksil, fosfat, hidroksil, amina, sulfur dan sulfida dalam mengikat ion logam (Wang & Chen, 2006). Dalam air,

ion logam dapat bergabung dengan ion negatif atau dengan senyawa netral membentuk sebuah kompleks atau senyawa koordinasi (Achmad, 2004). Gugus-gugus fungsi yang tidak bermuatan seperti atom nitrogen dan oksigen berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk ikatan kompleks dengan ion logam (koordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas) (Avery & Tobin, 1993 dalam Wang & Chen, 2006; Darmono, 1995). Seperti diketahui bahwa semakin tinggi muatan kation dari logam semakin kuat ikatannya dengan protein daripada kation logam yang muatannya lebih rendah, sehingga ikatan tersebut lebih stabil dan konstan (Darmono, 1995). Kalsium merupakan logam yang dapat berikatan kuat dengan gugus yang terdapat pada protein (Poedjiadi, 1994).

4. Chemical Oxygen Demand (COD)

Tabel 4 menunjukkan bahwa efektivitas penurunan COD mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi suspensi *Vicia faba* yang diberikan. Efektivitas penurunan COD tertinggi dihasilkan pada limbah dengan penambahan suspensi *Vicia faba* sebesar 0,1% yaitu 60,6%, sedangkan efektivitas penurunan COD terendah dihasilkan pada penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,02 % sebesar 45,1%.

Tabel 4 Data kandungan akhir *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah dan efektivitas penurunan COD setelah proses koagulasi-flokulasi oleh suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang berbeda-beda

No	Konsentrasi <i>Vicia faba</i> (%)	COD (mg/l)		Efektivitas (%)
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan	
1	0	298,2	298,2	0
2	0,02	298,2	163,8	45,1
3	0,06	298,2	125,5	57,9
4	0,1	298,2	117,5	60,6

Berdasarkan perhitungan statistika dengan menggunakan uji ANAVA pada taraf signifikansi 5% diperoleh nilai sig. > 0,05. Nilai ini menunjukkan adanya perbedaan efektivitas penurunan COD karena pemberian suspensi *Vicia faba* dengan konsentrasi yang berbeda. Hasil ANAVA didukung dengan uji Tukey pada taraf kepercayaan 5% memperlihatkan bahwa antara perlakuan

konsentrasi 0,02% dengan 0,06% dan 0,02% dengan 0,1% menunjukkan efektivitas penurunan COD yang berbeda nyata (nilai sig. < 0,05), sedangkan untuk perlakuan konsentrasi 0,06% dan 0,1% menunjukkan efektivitas penurunan yang tidak berbeda nyata. Sehingga untuk aplikasi pengolahan limbah di lapangan untuk parameter COD dapat dilakukan dengan penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,06% walaupun efektivitas penurunan COD tertinggi diperoleh pada pemberian *Vicia faba* dengan konsentrasi 0,1%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penurunan COD terbesar diperoleh pada pemberian *Vicia faba* pada konsentrasi 0,1%. Diduga penurunan COD ini disebabkan oleh partikel koloid biokogulan yang mampu berikatan dengan pencemar organik yang berasal dari limbah sehingga menyebabkan gaya tolak menolak berkurang, dan menunjang pembentukan dan pengendapan flok. Berkurangnya partikel yang terdapat pada limbah, menyebabkan jumlah oksigen yang digunakan untuk mendegradasi partikel secara kimia menjadi berkurang pula (Hidayat, 1999). Rendahnya penurunan kandungan COD pada penambahan suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,02 %, diakibatkan karena hanya sedikit rantai peptida dari protein yang tersedia sedangkan partikel koloid yang terdapat pada limbah cukup banyak, dengan kata lain jumlah rantai peptida yang tersedia tidak sebanding dengan jumlah partikel koloid. Hal ini akan mengakibatkan proses penjembatanan oleh rantai peptida terbatas bahkan gagal terjadi (Cohen & Hannah, 1971).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Vicia faba* mampu berperan sebagai biokoagulan sehingga dapat memperbaiki sifat fisik dan kimiawi limbah cair industri pulp dan kertas. Pada rentang konsentrasi yang diberikan semakin banyak konsentrasi suspensi *Vicia faba* yang digunakan semakin besar efektivitas sifat fisik dan kimiawi limbah cair industri pulp dan kertas yang dihasilkan. Pada pemberian suspensi *Vicia faba* sebanyak 0,1%, efektivitas dalam perbaikan kualitas sifat fisik dan kimiawi limbah cair industri pulp dan kertas yang mencakup turbiditas, total padatan tersuspensi (TSS), kesadahan dan *chemical*

oxygen demand (COD) mencapai nilai yang optimum. Pada konsentrasi tersebut, efektivitas penurunan turbiditas yang dihasilkan mencapai 98,5%, sedangkan efektivitas penurunan TSS yang dihasilkan mencapai 74,8%. Untuk parameter kimiawi, pada konsentrasi tersebut efektivitas penurunan kesadahan limbah yang dihasilkan sebesar 41,6%, sedangkan efektivitas penurunan COD limbah yang dihasilkan mencapai 60,6%. Hasil menunjukkan bahwa sifat fisik dan kimiawi limbah cair industri pulp dan kertas setelah melalui proses koagulasi – flokulasi oleh suspensi *Vicia faba* pada konsentrasi optimum berada di bawah ambang baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan pemerintah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirtharajah, A., & C.R. O' Melia .1990. *Coagulation Processes; Destabilisation, Mixing and Flocculation. In : Water Quality and Treatment (a Handbook of Community Water Supplies)*. 4th ed. New York : Mc Graw Hill. Inc
- Anonim .2003. About Coagulation and Flocculation. [Online] Tersedia: http://www.waterspecialist.biz/html/about_coagulation_flocculati.html [18 Maret 2006]
- APHA, AWWA, WCPF .1985. *Standar Methods for The Examination of Water and Wastewater Treatment*. 16th ed. American Public Health Association, American water Work Association and water Pollution Control Federation, Washington, D.C.
- Babu, R. & M. Chauduri .2005. "Home Water Treatment by Direct Filtration with Natural Coagulant". *Journal of Water and Health*. Vol 3 (1), 27-30
- Cohen, J.M. & S.A. Hannah .1971. *Coagulation and Flocculation. In : Water Quality and Treatment (a Handbook of Public water Supplies)*. 3th ed. New York : Mc Graw Hill. Inc.
- Culp, G. L., R. L. Culp & G. M. Wesner .1986. *Handbook of Public Water System*. NewYork : Van Norstrand Reinhold
- Darmono .1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Edisi Pertama. Jakarta : Penerbit UI
- Duke, J.A.1983. Handbook of Energy Crops. [Online]. Tersedia : <http://www.hortpurdue.edu/newcrop/duke-energy/Vicia-faba.html> [4 Februari 2006]

- Dwinarjati, D .1995. Analisis Efisiensi Pengolahan Klorolignin pada Air Buangan Industri Pulp dengan Aplikasi Bioreaktor Cakram Biologi. Skripsi sarjana. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung.
- Folkard, G. & J. Sutherland .2001. "The Use of *Moringa oleifera* Seed as a Natural Coagulant for Water and Wastewater Treatment". In *Simposio Internacional Sobre Tecnologias De Apoio A Gestao De Recursos Hidricos*.
- Ghebremichael, K. A .2004. "Moringa Seed and Pumice as Alternative Natural Materials for Drinking Water Treatment" [Online] Tersedia : http://www.lwr.kth.se/publikationer/PDF_FILES/LWR_PHD_1013.pdf [18 Juli 2006]
- Hauser, B.A .2002. *Drinking Water Chemistry : a Laboratory Manual*. London : Lewis Publishers.
- Hidayat, S .1999. Efektivitas Bioflokulan Biji *Moringa oleifera* dalam Proses Pengolahan Limbah cair Industri Pulp dan Kertas. Tesis Magister. Departemen Biologi. Institut Teknologi Bandung.
- Lestari, M .2005. Efektivitas Bioflokulan Kacang Babi *Vicia faba* dalam Memperbaiki Sifat Fisik Kimiawi Air Baku Air Minum. Skripsi Sarjana. Jurusan Pendidikan Biologi. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Liew, A.G., M.J. M. M. Noor, & Y.M. Ng .2004. "Turbid Water Clarification Using Extraction of Cowpea Seeds". *KKU Engineering Journal*. Vol 31 (2), 73-82
- Ndabigengesere, A, & K. S. Narasiah .1998. "Use of *Moringa oleifera* Seed as a Primary Coagulant in Wastewater Treatment". *Environmental Technology*. Vol 19 (8), 789-800
- Nkhata, D .2001. "Moringa as an Alternative to Aluminium Sulphate". In : *People and Systems for Water, Sanitation and Health*. Proceeding of The 27th WEDC Conferences, Zambia, 494-496
- Olphen, V.H .1977. *An Introduction to Clay Colloid Chemistry*. 2nd ed. New York : John Willey & Sons a Willey Interscience Publication.
- Poedjiadi, A .1994. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta : UI Press
- Setyorini, D .2002. Minimasi Limbah dalam Industri Pulp and Paper. [Online]. Tersedia : <http://www.terranet.or.id> [4 Februari 2006]

- Singh, A .1976. *Industrial Wastewater Handbook*. New York : MC Graw Hill Book. Inc.
- Sofiany, R .1999. Efektivitas Biji *Moringa oleifera Lam* dalam Memperbaiki Sifat Fisik Kimia Limbah cair Industri Penyamakan kulit di Sukaregang . Tesis Magister. Departemen Biologi. Institut Teknologi Bandung.
- Sutherland, J.P., G.K. Folkard, & W.D. Grant .1990. “Natural Coagulants for Appropriate Water Treatment”. *A Novel Approach, Waterlines Vol 8 (4)*, 30-32
- Waluyo, L. 2005. *Mikrobiologi Lingkungan*. Edisi pertama. Malang : UMM Press
- Wang, J & C, Chen. 2006.”Biosorption of Heavy Metals by *Saccharomyces cerevisiae* : A Review”. *Biotechnology Advances 24*. 427 - 451
- Wardhana, W. A .2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta : Penerbit ANDI