

PENGARUH PENAMBAHAN POLIAKRILAMIDA SEBAGAI PENDUKUNG KOAGULAN ALUMINIUM SULFAT DALAM MENURUNKAN NILAI KOK, WARNA, DAN TURBIDITAS LIMBAH CAIR INDUSTRI PULP

Bambang Yudono, Poedji Loekitowati H dan Victor H S

Abstrak : Telah dilakukan penelitian tentang kemampuan koagulasi aluminium sulfat terhadap partikel koloid dalam limbah cair industri pulp. Penelitian ini menggunakan aluminium sulfat (alum) yang dicampur dengan poliakrilamida sebagai bahan kimia pendukung yang membantu proses koagulasi – flokulasi. Variabel dalam penelitian ini adalah variasi konsentrasi alum, konsentrasi poliakrilamida, dan pH larutan limbah. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah konsentrasi KOK sisa, konsentrasi warna sisa, dan konsentrasi turbiditas sisa yang ditentukan dengan metode refluk KOK, Spektrofotometri, dan Turbidimetri. Pada konsentrasi alum 400 ppm dan konsentrasi poliakrilamida 0,60 ppm, pengkoagulasian partikel koloid maksimum terjadi pada pH 4,33 dengan persentase penurunan konsentrasi KOK sisa, konsentrasi warna sisa, dan konsentrasi turbiditas sisa berturut-turut adalah 44,16%, 78,95%, dan 81,75%.

Kata kunci : Pengolahan Limbah Cair, Industri Pulp

Abstract : This research investigated into the coagulation capacity of aluminium sulphate to pulp industry waste. Aluminium sulphate was mixed with polyacrilamide as supporting material coagulation – flocculation process. The research variables were aluminium concentrations, polyacrilamide concentrations, and pH of waste solution. The parameters were Chemical Oxygen Demand, colour of residue intensity and turbidity of residue intensity which measured by using COD, Spectrometry, and Turbidimetry methods respectively. The optimal coagulation were reached at conditions; alum concentration 400 ppm, polyacrilamide concentration 0,6 ppm and pH of solution 4.33. These cogulation process conditions could reduce COD, colour and turbidity to 44,16 %, 78,95 % and 81,75 % respectively

Key words : Waste Water treatment, pulp industry

PENDAHULUAN

Masalah penghilangan warna dari limbah industri pulp dan kertas telah menjadi sebuah penelitian dan perhatian utama dalam beberapa dekade terakhir. Warna yang terdapat pada air limbah dari industri pulp dan kertas banyak mengandung bahan yang bersifat organik yang

terdiri dari ekstraktif-ekstraktif kayu, tanin, resin, warna sintesis, lignin, dan senyawa-senyawa turunan yang dibentuk dari aksi klorin terhadap lignin (Manivaskam 1987).

Pelepasan limbah berwarna oleh industri pulp ke badan air penerima akan menghambat aktifitas fotosintesis dari biota air melalui penurunan penetrasi dari

cahaya matahari, disamping efek toksik mereka secara langsung. Senyawa-senyawa lain yang juga berkontribusi warna pada limbah pulp yakni logam-logam berat, seperti : air raksa (Hg), kromium (Cr), tembaga (Cu), dan besi (Fe) (Srivasta *et al*, 1984). Oleh karena itu, warna yang terdapat pada limbah buangan industri pulp dan kertas harus dihilangkan sebelum dibuang ke badan air penerima.

Beberapa penelitian mengenai penghilangan warna dengan metode-metode biologi telah dilakukan (Bryant *et al*, 1987). Metode-metode ini, antara lain : sistem aerasi dan sistem lumpur aktif yang tidak menyebabkan penghilangan warna yang cukup terutama karena stabilitas yang tinggi dari lignin dan turunan-turunannya (Archibald, 1995).

Beberapa peneliti lain menemukan bahwa limbah buangan industri pulp kraft dapat dihilangkan warnanya secara terpisah oleh jamur akar putih (Prouty, 1990; Gokay dan Dilek, 1994). Gokay dan Dilek (1994) menyatakan bahwa bahwa pengolahan ini secara ekonomis tidak mungkin dapat dikerjakan dengan mudah yang disebabkan oleh kebutuhan terhadap konsentrasi glukosa yang tinggi oleh jamur. Mereka juga melaporkan bahwa jamur tidak efektif ketika limbah buangan dari tahap pemutihan (*bleaching*) pulp hadir.

Beberapa metode penghilangan warna secara psiko-kimia seperti presipitasi kimia, filtrasi, dan adsorpsi

membran juga telah dikembangkan. Meskipun adsorpsi membran cukup efisien, tetapi proses tersebut cukup mahal (Manjunath dan Mahrotta *dalam* Dilek F.B. dan Bese S., 2001). Cara lain mengolah limbah cair industri pulp dengan metode elektrokimia (Christoskova dan Lazarov, 1988). Metode ini menjamin adanya efisiensi pengolahan yang tinggi, tetapi keefektifannya tergantung pada tipe dari elektoda-elektroda, konstruksi dari elektrokoagulator, dan kondisi-kondisi pada saat proses berlangsung.

Presipitasi kimia, menggunakan aluminium sulfat (alum), ferro klorida, dan kapur (CaO) telah dipelajari secara ekstensif oleh beberapa peneliti (Beulker dan Jekel, 1993; Stephenson dan Duff, 1996); meskipun waktu deteksi yang pendek dan biaya modal yang rendah, tetapi ada beberapa kekurangan dilaporkan, seperti biaya yang tinggi dari bahan-bahan kimia untuk presipitasi, begitu pula halnya dengan pengaturan pH, produksi lumpur endapan yang sangat banyak akibat dari dosis yang tinggi dalam penggunaan bahan-bahan kimia, masalah yang berhubungan dengan *dewatering* dan pembuangan lumpur yang dihasilkan serta tingginya tingkat kation sisa, sehingga warna tetap tinggal di dalam supernatan air limbah (Stephenson dan Duff, 1996).

Ketika peraturan mengenai baku mutu atau standar air limbah olahan ditetapkan, maka presipitasi kimia adalah sebagai alternatif utama dalam peng-

olahan air buangan limbah industri pulp, baik sebagai proses awal maupun proses lanjut dari suatu pengolahan limbah secara biologi. Presipitasi kimia yang menggunakan suatu koagulan dalam pengolahan limbah, memiliki suatu kelebihan daripada pengolahan limbah secara biologi yakni presipitasi kimia mampu menghilangkan senyawa-senyawa kimia yang sulit untuk diuraikan secara biologi (Stephenson dan Duff, 1996).

Dari penjelasan tersebut, jelas bahwa semua metode yang digunakan memiliki beberapa kelemahan, sehingga masih perlu mencari metode alternatif lainnya. Pada literatur, terdapat bukti bahwa ada senyawa kimia tertentu yang dapat membantu proses koagulasi, seperti kapur ketika digunakan bersamaan dengan alumunium sulfat (alum), akan menghasilkan penghilangan warna dan karakteristik endapan yang lebih baik dibandingkan dengan apabila hanya menggunakan alum saja (Dilek F.B. dan Bese S., 2001). Bahan kimia lain yang dapat membantu proses koagulasi, yakni : silika aktif, polielektrolit, dan oksidan. Sayangnya, belum ada penelitian yang lengkap mengenai penggunaan ketiga senyawa tersebut sebagai bahan kimia pendukung yang dapat membantu proses koagulasi.

Hal ini yang mendorong dilakukannya penelitian skala laboratorium untuk mengolah limbah cair industri pulp dengan menggunakan alumunium sulfat dan

poliakrilamida dengan metode Jar Test. Sistem pengolahan yang dilakukan, dititikberatkan pada pengolahan secara koagulasi-flokulasi dimana parameter utama penentu tingkat keberhasilan dari penelitian ini adalah penurunan nilai Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) disamping dua parameter lainnya yakni warna dan turbiditas.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2004 sampai dengan November 2004 di Laboratorium QA/ QC P. T Tanjung Enim Lestari Pulp and Paper, Desa Niru-Tebat Agung, Kecamatan Rambang Dangku, Kab. Muara Enim, Sumatera Selatan.

Rancangan percobaan digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) berupa kontrol dan 6 perlakuan dengan 4 kali perulangan untuk setiap perlakuan terhadap konsentrasi alumunium sulfat (alum) dan poliakrilamida dengan konsentrasi perlakuan 100 ppm; 200 ppm; 300 ppm; 400 ppm; 500 ppm; 600 ppm untuk alum dan konsentrasi 0,15 ppm; 0,30 ppm; 0,45 ppm; 0,60 ppm; 0,75 ppm; 0,90 ppm untuk poliakrilamida serta 7 perlakuan terhadap pH larutan limbah *Equalization* dengan pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9.

Metoda analisis sampel menggunakan metode Gaines B. Jackson, 1993 yang terdiri dari ;

- a. Analisis Warna

- b. Pembuatan Kurva Kalibrasi Warna PtCo
- c. Pengukuran Kebutuhan Oksigen Kimia
- d. Pengukuran pH
- e. Penentuan Kondisi Optimum koagulasi Konsentrasi Alumunium Sulfat (alum) $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ dan Poliakrilamida Terhadap Pengkoagulasian Partikel Limbah Cair Industri Pulp
- f. Aplikasi Kondisi Optimum

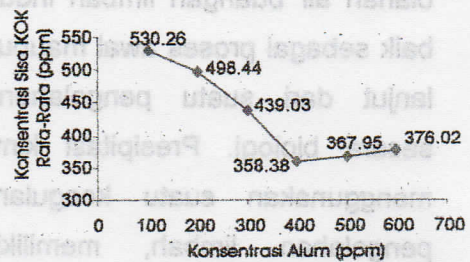
Analisa Data

Data-data yang diperoleh, dianalisa dengan menggunakan analisa variansi (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Variasi Konsentrasi Alum dalam Koagulasi Partikel Limbah Cair Industri Pulp Terhadap Penurunan Konsentrasi KOK, Warna, dan Turbiditas

Pengaruh variasi konsentrasi alum terhadap penurunan konsentrasi KOK, warna, dan turbiditas. Pada perlakuan pertama ini, limbah industri pulp ditambahkan dengan alum pada berbagai konsentrasi, yakni : 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, 500 ppm, dan 600 ppm pada pH 6,19. Daya koagulasi karena pengaruh penambahan koagulan (alum) terhadap partikel koloid dalam sampel limbah dapat dilihat pada gambar 1, 2, dan 3 berikut ini :



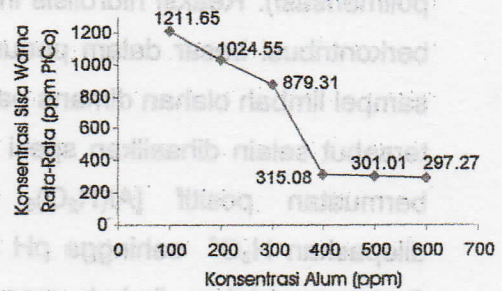
Gambar 1. Konsentrasi KOK Sisa Rata-Rata pada Variasi Konsentrasi Alum

Berdasarkan gambar 1, dapat dilihat bahwa penambahan alum pada pengolahan limbah industri pulp dengan alat Jar Test dapat menyebabkan terjadinya proses koagulasi sehingga terjadi penurunan konsentrasi KOK, dimana penurunan konsentrasi KOK terbesar terjadi pada konsentrasi alum 400 ppm. Penurunan konsentrasi KOK ini cukup signifikan yakni dari 439,03 ppm (pada konsentrasi alum 300 ppm) ke 358,38 ppm (pada konsentrasi alum 400 ppm). Namun, konsentrasi KOK 358,38 ppm ini masih diatas standar yang ditetapkan oleh pemerintah dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep-51/MenLH/10/1995 pada Lampiran B tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Pulp dan Kertas (berlaku efektif tahun 2000), yakni konsentrasi KOK maksimum adalah sebesar 350 mg/ L.

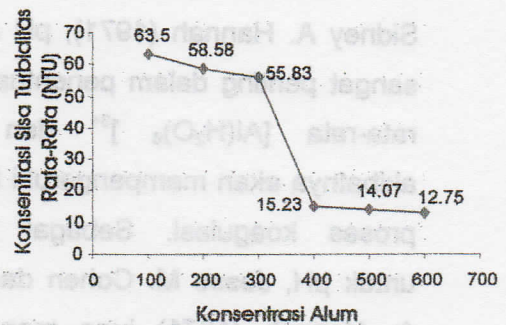
Pada konsentrasi alum 500 ppm, nilai konsentrasi KOK sisa kembali naik menjadi 367,95 ppm. Hal ini mungkin disebabkan daya oksidasi potasium dikromat terhadap senyawa-senyawa dalam supernatan limbah Eq mulai

menurun yang diakibatkan oleh senyawa kompleks yang terbentuk antara spesi koagulan yang bermuatan positif yakni $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ bereaksi dengan partikel koloid dalam air limbah, atau juga mungkin diakibatkan senyawa atau ion lain yang tak terkoagulasi oleh alum dan masih tersuspensi ataupun terlarut di dalam supernatan.

Berbeda dengan gambar 1, dimana pada konsentrasi alum 500 ppm, konsentrasi KOK sisa naik menjadi 367,95 ppm, maka pada gambar 2 dan 3, konsentrasi warna sisa dan konsentrasi turbiditas sisa terus menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi alum. Penurunan yang cukup signifikan untuk konsentrasi warna maupun turbiditas terjadi pada konsentrasi alum 400 ppm, yakni konsentrasi sisa untuk warna dan turbiditas berturut-turut adalah 315,08 ppm PtCo dan 15,23 NTU. Pada konsentrasi alum 500 ppm dan 600 ppm, penurunan konsentrasi untuk warna dan turbiditas tidak begitu signifikan dan ini dapat terlihat pula pada pH akhir supernatan sampel limbah setelah pengolahan atau setelah penambahan alum pada gambar 2 dimana pH akhir supernatan berturut-turut adalah 4,27 ; 4,14 ; 4,05 untuk konsentrasi alum 400 ppm, 500 ppm, dan 600 ppm.



Gambar 2. Konsentrasi Warna Sisa Rata-Rata pada Variasi Konsentrasi Alum

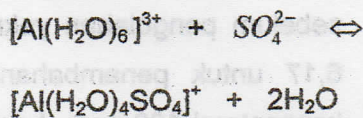


Gambar 3. Konsentrasi Turbiditas Sisa Rata-Rata pada Variasi Konsentrasi Alum

Dari gambar dapat terlihat bahwa penambahan alum dari konsentrasi 100 ppm sampai 600 ppm, selain menyebabkan penurunan konsentrasi KOK, warna, dan turbiditas juga menyebabkan penurunan pH akhir limbah, yakni dari pH awal sebelum pengolahan yakni 6,19 menjadi 6,17 untuk penambahan alum dengan konsentrasi 100 ppm, kemudian pH terus turun sampai dengan 4,05 untuk penambahan konsentrasi alum 600 ppm. Penurunan pH ini disebabkan karena pada saat alum ditambahkan ke dalam sampel limbah lalu diaduk dengan kecepatan tertentu Jar Test maka akan terjadi reaksi hidrolisis dan *olation* (reaksi

polimerisasi). Reaksi hidrolisis inilah yang berkontribusi besar dalam penurunan pH sampel limbah olahan dimana pada reaksi tersebut selain dihasilkan spesi koagulan bermuatan positif $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ juga dilepaskan H_3O^+ sehingga pH menurun. Pada pengolahan limbah menggunakan koagulan, contohnya alum, pH memainkan peranan penting dalam proses koagulasi.

Menurut Jesse M. Cohen dan Sidney A. Hannah (1971), pH air adalah sangat penting dalam penentuan muatan rata-rata $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ dan sebagai akibatnya akan mempengaruhi kecepatan proses koagulasi. Sebagai tambahan untuk pH, Jesse M. Cohen dan Sideney A. Hannah (1971) juga menambahkan bahwa komposisi kimia dari air juga mempengaruhi senyawa kompleks yang dihasilkan, karena ion-ion negatif selain ion hidroksida, khususnya ion-ion di dan trivalen, akan bereaksi dengan produk hidrolisis dan merubah secara signifikan sifat-sifat dar air. Seperti contohnya adalah, ion-ion sulfat dapat mensubstitusi ion-ion hidroksida, menurut reaksi berikut

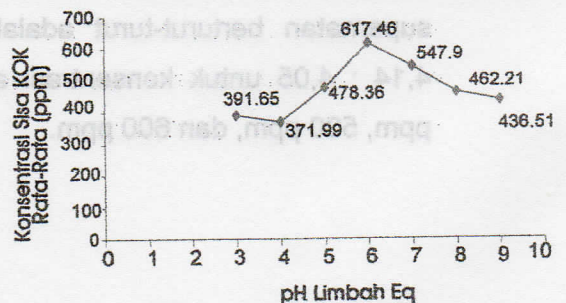


Uji statistik dengan analisis variansi (ANOVA) yang dilakukan terhadap penambahan alum menunjukkan bahwa F hitung lebih besar dari F tabel untuk masing-masing parameter yang diukur baik konsentrasi sisa KOK, warna, dan turbiditas. Ini berarti bahwa penambahan

alum dalam sampel limbah Eq berpengaruh terhadap daya koagulasi, sedangkan uji BNT bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan alum pada berbagai konsentrasi berbeda nyata atau tidak. Berdasarkan hasil perhitungan uji BNT (lampiran 7), ternyata penambahan alum pada kisaran konsentrasi 100 – 600 ppm menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap penurunan konsentrasi KOK, warna, dan turbiditas

2. Pengaruh Pengaturan pH Limbah Eq dalam Koagulasi Partikel Limbah Cair Industri Pulp Terhadap Penurunan Konsentrasi KOK, Warna, dan Turbiditas.

Pengaruh pengaturan pH sampel limbah terhadap penurunan konsentrasi KOK, warna, dan turbiditas dimana pengaturan pH sampel limbah dilakukan sesaat setelah penambahan alum pada konsentrasi optimum alum 400 ppm. Pada perlakuan kedua ini, sejumlah larutan seperti NaOH 0,1 N dan H₂SO₄ 0,02 N digunakan untuk pengaturan pH sampel limbah dari kisaran pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9. Daya koagulasi akibat pengaruh pengaturan pH sampel limbah Eq dapat terlihat pada gambar 4, 5, dan 6 berikut :

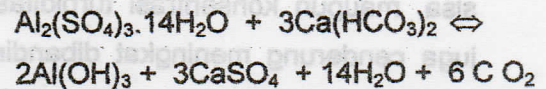


Gambar 4. Konsentrasi KOK Sisa pada Pengaturan pH Limbah Eq

Dari gambar 4 dapat terlihat bahwa daya koagulasi relatif menurun seiring dengan meningkatnya pH, dimana penurunan konsentrasi KOK terbesar terjadi pada pH limbah 4, namun pada pH 6 tidak terjadi penurunan sama sekali dan malahan cenderung bertambah dari nilai konsentrasi KOK awal.

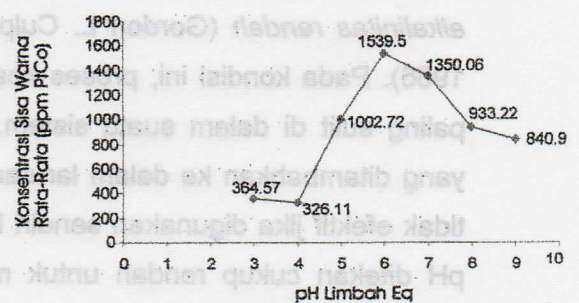
Penurunan konsentrasi KOK mencapai terendah pada pH 4 yakni sebesar 371,99 ppm. Namun pada pH 3, nilai konsentrasi KOK sisa bertambah menjadi 391,65 ppm dan hal sama juga terjadi pada pH 5 dan 6. Konsentrasi KOK yang bervariasi ini dapat disebabkan oleh pengaturan pH sampel limbah sehingga alkalinitas pada sampel limbah menjadi berubah. Menurut Gaines B. Jackson (1993), alkalinitas didefinisikan sebagai kapasitas air untuk menetralkan asam-asam, suatu sifat yang dimiliki oleh air yang berisi ion karbonat (CO_3^{2-}), ion bikarbonat (HCO_3^-), hidroksida (OH^-), serta terkadang borat, silikat, dan fosfat. Nilainya dinyatakan dalam mg/L $CaCO_3$. Ion-ion hidroksil biasanya terdapat sebagai hidroksida dari kalsium, magnesium, dan natrium. Alkalinitas ditentukan melalui titrasi langsung terhadap sampel air dengan menggunakan larutan asam yang telah diketahui konsentrasinya (contoh : 0,2 N H_2SO_4) untuk mencapai pH sebesar 8,3 dan 4,3 dengan menggunakan indikator yang sesuai atau pH meter untuk menentukan titik akhir titrasi.

Menurut Gordon L. Culp *et al* (1986), pengontrolan proses koagulasi adalah rumit dengan dilepaskannya ion hidrogen ketika alum ditambahkan pada air. Ion hidrogen yang dilepaskan akan bereaksi dengan alkalinitas dalam air dengan reaksi sebagai berikut :



Jika alkalinitas tidak cukup bereaksi dengan alum untuk menyangga pH, maka diperlukan untuk menambah alkalinitas ke dalam air dalam bentuk kapur, natrium bikarbonat, abu soda, atau beberapa bahan kimia yang mirip (Gordon L. Culp *et al* 1986).

Gambaran tentang penjelasan alkalinitas diatas dapat dilihat bahwa pH akhir sampel limbah pada konsentrasi optimum alum 400 ppm adalah sekitar 4,27 – 4,30, maka untuk mencapai pH 3 dan 4 digunakan larutan H_2SO_4 0,02 N.



Gambar 5. Konsentrasi Warna Sisa Rata-Rata pada Pengaturan pH Limbah Eq

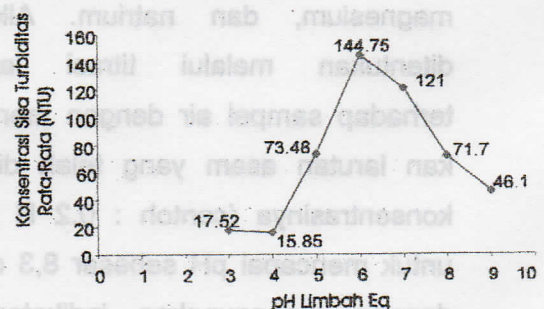
Sesaat setelah penambahan H_2SO_4 0,02 N untuk mencapai pH 4, dari gambar 7, 8, dan 9 dapat terlihat hasil yang diperoleh yakni baik konsentrasi KOK, warna maupun turbiditas, terlihat

cenderung naik bila dibandingkan dengan nilai KOK, warna, dan turbiditas pada perlakuan pertama dengan konsentrasi alum 400 ppm (pH akhir limbah setelah pengolahan 4,27 – 4,33).

Untuk pH 3 sampel limbah, baik konsentrasi KOK sisa, konsentrasi warna sisa, maupun konsentrasi turbiditas sisa juga cenderung meningkat dibandingkan dengan nilai KOK, warna, dan turbiditas pada kondisi pertama untuk konsentrasi alum 400 ppm. Untuk fenomena yang terjadi pada pH 3 dan 4 sampel limbah Eq. dan pada konsentarsi alum 400 ppm ini, Charles R. O' Melia (1978) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara dosis koagulan optimum, pH larutan, dan konsentrasi koloid yang disebabkan oleh penambahan sejumlah koagulan (Gordon L. Culp *et al*, 1986). Pada pH 3 dan 4 limbah Eq. ini, Charles R. O' Melia (1978) menyatakan dalam kondisi *konsentrasi koloid rendah, alkalinitas rendah* (Gordon L. Culp *et al*, 1986). Pada kondisi ini, proses koagulasi paling sulit di dalam suatu sistem. Alum yang ditambahkan ke dalam larutan akan tidak efektif jika digunakan sendiri karena pH ditekan cukup rendah untuk menyebabkan terjadinya pembentukan flok, dan kecepatan kontak antar partikel diasumsikan terlalu rendah untuk menyebabkan destabilisasi melalui penetralan muatan. Charles R. O' Melia (1978) juga menyarankan untuk menggunakan alkalinitas tambahan, partikel koloid tambahan, atau keduanya harus ditambahkan untuk

menyebabkan terjadinya koagulasi yang efektif (Gordon L. Culp *et al*, 1986).

Larutan NaOH 0,1 N digunakan untuk mengatur pH larutan sampel limbah menjadi 6. Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa baik konsentrasi KOK, warna, maupun turbiditas bertambah besar dibandingkan dengan nilai konsentrasi awal. Fenomena yang terjadi pada pH 6 sampel Eq ini, oleh Charles R. O' Melia (1978) dinyatakan dalam kondisi *konsentrasi koloid tinggi, alkalinitas tinggi* (Gordon L. Culp *et al*, 1986). Pada kondisi ini, proses destabilisasi dicapai melalui proses adsorpsi dan penetralan muatan partikel koloid pada tingkat pH asam. Pada kondisi ini, dosis koagulan seharusnya dinaikkan lebih tinggi karena tingginya alkalinitas sehingga pH pada umumnya akan tertinggal/ bersisa pada daerah mendekati netral dimana senyawa kompleks polimer hidroksologam tidak bermuatan tinggi sehingga penetralan muatan lebih sulit. Penjelasan yang sama juga dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena yang terjadi pada pH 5 sampel limbah Eq baik untuk parameter KOK, warna, maupun turbiditas.



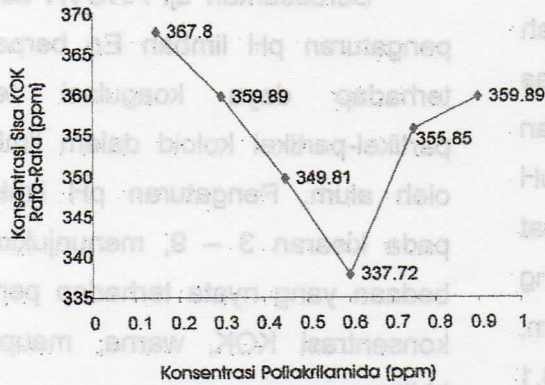
Gambar 6. Konsentrasi Turbiditas Sisa Rata-Rata pada Pengaturan pH Limbah Eq

Untuk keadaan pH 7 sampel limbah Eq, nilai KOK, warna, dan turbiditas cenderung turun dibandingkan dengan nilai KOK, warna, dan turbiditas pada pH 6 sampel limbah Eq. Kondisi ini dapat terjadi karena pH limbah yang cenderung turun setelah penambahan alum, dinetralkan oleh penambahan NaOH 0,1 N sampai pH mencapai netral (pH 7) sehingga proses koagulasi dapat berlangsung pada alkalinitas yang dianggap nol. Sedangkan untuk pH 8 dan 9 sampel limbah Eq, penurunan nilai KOK, warna, dan turbiditas akan semakin baik bila dibandingkan dengan nilai KOK, warna, dan turbiditas pada pH 7 sampel limbah Eq. Penambahan NaOH 0,1 N dalam jumlah berlebih ke dalam larutan, menyebabkan bertambahnya konsentrasi koloid sampel limbah Eq. Alkalinitas kembali mempunyai nilai yakni berasal dari ion hidroksi dari larutan NaOH 0,1 N yang ditambahkan. Namun, nilai alkalinitas ini cukup rendah dikarenakan jumlah ion hidroksi yang tersisa dari penetralan muatan positif untuk menetralkan pH larutan (pH 7), cukup rendah. Charles R. O' Melia (1978) menggambarkan keadaan ini sebagai suatu sistem koagulasi yang paling mudah dimana hanya satu parameter kimia yang harus ditentukan yakni dosis koagulan optimum (Gordon L. Culp *et al*, 1986). Destabilisasi dicapai melalui adsorpsi oleh polimer hidrosologam.

Berdasarkan uji ANOVA dan BNT, pengaturan pH limbah Eq berpengaruh terhadap daya koagulasi terhadap partikel-partikel koloid dalam limbah Eq oleh alum. Pengaturan pH limbah Eq pada kisaran 3 – 9, menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap penurunan konsentrasi KOK, warna, maupun turbiditas.

3. Pengaruh Penambahan Poliakrilamida dalam Koagulasi Partikel Limbah Cair Industri Pulp Terhadap Penurunan Nilai KOK, Warna, dan Turbiditas

Pengaruh penambahan poliakrilamida pada proses koagulasi sampel limbah cair industri pulp jenis *Equalization* (Eq) terhadap penurunan nilai KOK, warna, dan turbiditas. Pada perlakuan ketiga ini, dilakukan penambahan poliakrilamida bersamaan dengan penambahan alum 400 ppm pada sampel limbah Eq dalam beker gelas 1000 mL. Penambahan poliakrilamida untuk masing-masing beker gelas dilakukan dengan konsentrasi yang meningkat yakni 0,15 ppm, 0,30 ppm, 0,45 ppm, 0,60 ppm, 0,75 ppm, dan 0,90 ppm. Daya koagulasi akibat penambahan poliakrilamida ini dapat terlihat pada gambar 10, 11, dan 12 di bawah ini :



Gambar 7. Konsentrasi KOK Sisa Rata-Rata pada Variasi Konsentrasi Poliakrilamida

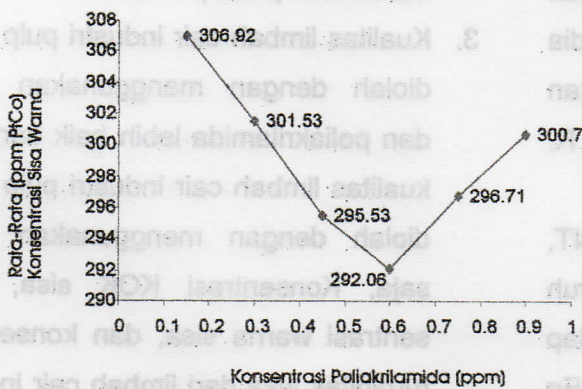
Berdasarkan gambar 7, maka dapat dilihat bahwa daya koagulasi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi poliakrilamida. Hal ini dapat terlihat dari penurunan konsentrasi KOK yang semakin baik, dimana penurunan terbesar terjadi pada konsentrasi poliakrilamida 0,60 ppm dengan konsentrasi KOK sisa sebesar 337,72 ppm. Rendahnya nilai KOK sisa yang diperoleh pada perlakuan ketiga untuk konsentrasi poliakrilamida 0,60 ppm ini mengindikasikan bahwa penambahan poliakrilamida mengakibatkan bertambahnya daya koagulasi, karena apabila dibandingkan dengan konsentrasi KOK yang diperoleh pada perlakuan pertama untuk konsentrasi alum 400 ppm, nilai KOK sisa yang diperoleh hanya 358,38 ppm (gambar 7). Konsentrasi KOK sisa 337,72 ppm pada konsentrasi poliakrilamida 0,60 ppm ini sudah lebih baik dan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah yakni sebesar 350 ppm.

Satu hal yang perlu diperhatikan disini yakni bahwa pada perlakuan ketiga ini, pH sampel limbah Eq tidak diturunkan menjadi 4, tetapi dibiarkan karena pengaruh penambahan alum dan setelah pengolahan (penambahan alum dan poliakrilamida) supernatan diukur pH nya. Hasil yang didapat untuk pH akhir sampel limbah Eq ini berada pada kisaran 4,33-4,35 untuk setiap supernatan yang diperoleh pada konsentrasi poliakrilamida yang berbeda.

Dari hasil yang didapat, tampak penambahan poliakrilamida pada berbagai konsentrasi tidak merubah pH akhir sampel limbah Eq. Hal yang melatar belakangi untuk tidak menurunkan pH sampel limbah Eq menjadi 4 yakni apabila dilihat pada gambar 4 terlihat bahwa penurunan konsentrasi KOK tertinggi terjadi pada konsentrasi alum 400 ppm dengan pH akhir sampel limbah Eq sekitar 4,27 – 4,30. Apabila dibandingkan dengan gambar 7, terlihat bahwa penurunan konsentrasi KOK mencapai nilai tertinggi pada pH 4 limbah Eq. Namun, untuk konsentrasi KOK yang diperoleh adalah lebih tinggi dari konsentrasi KOK yang diperoleh dengan tanpa menurunkan pH sampel limbah Eq.

Hal ini juga diperkuat oleh pernyataan J. Gregory pada tahun 1978, yang menyatakan bahwa pada proses koagulasi dengan menggunakan polielektrolit nonionik (contoh : poliakrilamida), sangat dipengaruhi oleh pH larutan dimana pH larutan dapat mempengaruhi

muatan pada polielektrolit untuk menyebabkan terjadinya pengumpulan agregat. Lebih jauh J. Gregory dalam Appiah Amirtharajah & Charles. R. O' Melia, 1990 menyatakan bahwa poliakrilamida tidak bermuatan pada pH dibawah 4, sedangkan pada pH diatas 4 poliakrilamida akan bermuatan negatif. Bertambahnya daya koagulasi oleh pengaruh penambahan poliakrilamida ini juga dapat terlihat pada penurunan konsentrasi warna, seperti terlihat pada gambar 11 dibawah :

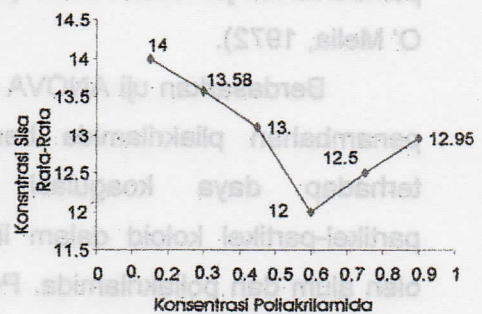


Gambar 8. Konsentrasi Warna Sisa Rata-Rata pada Variasi Konsentrasi Poliakrilamida

Pada gambar 8 juga terlihat bahwa penurunan konsentrasi warna tertinggi terjadi pada konsentrasi poliakrilamida 0,60 ppm, yakni dengan nilai konsentrasi warna sisa sebesar 292,06 ppm PtCo. Konsentrasi warna yang diperoleh pada perlakuan ketiga ini lebih baik daripada konsentrasi warna sisa pada perlakuan pertama yakni sebesar 315,08 ppm PtCo (gambar 8). Bertambahnya daya koagulasi terhadap sampel limbah Eq ini dikarenakan poliakrilamida berfungsi sebagai agen pendestabilisasi kimia

terhadap partikel koloid bermuatan negatif melalui pembentukan jembatan kimia yang akan mengurangi gap (pemisah) antar partikel koloid yang disebabkan oleh interaksi repulsif (J. Gregory dalam Appiah Amirtharajah & Charles. R. O' Melia, 1990), sehingga pembentukan flok yang dihasilkan lebih baik dibandingkan pada perlakuan pertama (pengolahan limbah dengan menggunakan alum saja).

Bertambahnya daya koagulasi akibat penambahan poliakrilamida ini juga dapat terlihat pada penurunan konsentrasi turbiditas seperti terlihat pada gambar 9 dibawah :



Gambar 9. Konsentrasi Turbiditas Sisa Rata-Rata pada Variasi Konsentrasi Poliakrilamida

Penurunan konsentrasi turbiditas terbesar terjadi pada konsentrasi poliakrilamida 0,60 ppm yakni nilai konsentrasi turbiditas sisa yang diperoleh adalah 12 NTU. Nilai konsentrasi turbiditas sisa yang didapat pada perlakuan ketiga ini juga lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi turbiditas sisa pada perlakuan pertama (hanya menggunakan alum saja) yakni sebesar 15,23 NTU.

Pada konsentrasi 0,75 poliakrilamida, nilai konsentrasi yang diperoleh untuk masing-masing parameter baik KOK, warna, maupun turbiditas terlihat naik dibandingkan dengan konsentrasi KOK sisa, konsentrasi warna sisa, dan konsentrasi turbiditas sisa pada konsentrasi poliakrilamida 0,60 ppm. Keadaan ini mengindikasikan bahwa poliakrilamida yang ditambahkan ke dalam larutan dalam jumlah berlebih sehingga terjadi restabilisasi partikel koloid. Pada kondisi ini, bagian-bagian polimer akan menjenuhkan partikel sampai pada tingkat dimana tidak tersedia sisi pengikatan untuk menghasilkan pembentukan jembatan kimia (Charles R. O' Melia, 1972).

Berdasarkan uji ANOVA dan BNT, penambahan poliakrilamida berpengaruh terhadap daya koagulasi terhadap partikel-partikel koloid dalam limbah Equalization oleh alum dan poliakrilamida. Penambahan poliakrilamida pada kisaran konsentrasi 0,15 – 0,90 ppm, menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap penurunan konsentrasi KOK, warna, maupun turbiditas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan data-data dan analisa yang telah dilakukan maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengolahan limbah cair industri pulp menggunakan aluminium sulfat (alum) dan poliakrilamida mencapai kondisi optimum pada konsentrasi

alum 400 ppm, konsentrasi poliakrilamida 0,6 ppm, dan pada pH 4,33 limbah *Equalization* yang ditandai dengan konsentrasi sisa terendah dari masing-masing parameter yang diukur baik KOK, warna, dan turbiditas.

2. Perubahan pH larutan limbah pada pengolahan limbah cair industri pulp berpengaruh pada daya koagulasi alum terhadap partikel-partikel koloid didalam limbah. Daya koagulasi alum terhadap partikel koloid mencapai nilai maksimum pada pH 4,33 .
3. Kualitas limbah cair industri pulp yang diolah dengan menggunakan alum dan poliakrilamida lebih baik daripada kualitas limbah cair industri pulp yang diolah dengan menggunakan alum saja. Konsentrasi KOK sisa, konsentrasi warna sisa, dan konsentrasi turbiditas sisa dari limbah cair industri pulp yang diolah dengan menggunakan aluminium sulfat (400 ppm) dan poliakrilamida (0,60 ppm), berturut-turut, yakni : 337,72 ppm; 292,06 ppm PtCo, dan 12,0 NTU, sedangkan konsentrasi KOK sisa, konsentrasi warna sisa, dan konsentrasi turbiditas sisa dari limbah cair industri pulp yang diolah dengan menggunakan aluminium sulfat (400 ppm) saja, berturut-turut, yakni : 358,38 ppm, 315,08 ppm PtCo, dan 15,23 NTU.
4. Nilai persentasi penurunan konsentrasi KOK, warna, dan turbiditas dari limbah cair industri pulp yang diolah dengan menggunakan alum dan

poliakrilamida pada kondisi optimum, berturut-turut yakni : 44,16%, 78,95%, dan 81,75%.

Saran

Agar dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap variabel alkalinitas, jumlah zat padat tersuspensi (TZPT), waktu pengendapan flok (*floc settling time*), temperatur, dan Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB₅).

DAFTAR PUSTAKA

- Amirtharajah, Appiah & O' Melia, Charles. R. 1990. *Water Quality and Treatment. A Handbook of Community Water Supplies*. American Waste Works Association. Fourth Edition. McGraw-Hill. Inc., United States of America : 1194 hlm
- Archibalt, F. & Roy-Arcand, L. 1995. *Photodegradation of High Molecular Weight Kraft Bleachery Effluent Organochlorine and Color*. *Water Res.* 29 (2) : 661-669
- Beulker, S. & Jekel, M. 1993. *Precipitation and Coagulation of Organic Substances in Bleachery of Pulp Mills*. *Water Sciene and Technology.* 27 (11) : 193-199
- Bryant, C. W., Amy, G. L., & Alleman, B. C. 1987. *Organic Halide and Organic Carbon Distribution and Removal in A pulp and Paper Waste Water Lagoon*. *Journal of Pollution Control Federation.* 10 : 890-896
- Christoskova, S. G & Lazarovld. 1998. *Electrochemical Method for Purification and Discolouration of Cellulose-Paper Industry Wastewater*. *Environ. Prot. Eng.* 14 (3-4) : 69-76
- Cohen, Jesse. M & Hannah, Sidney. A. 1971. *Water Quality and Treatment. A Handbook of Community Water Supplies*. American Waste Works Association. Third Edition. McGraw-Hill., United States of America : 654 hlm
- Culp, Gordon. L et al. 1986. *Handbook of Public Water System*. Van Nostrand Reinhold, New York USA : 1113 hlm
- Dilek, F. B & Bese, S. 2001. *Treatment of Pulping Effluents by Using Alum and Clay- Colour Removal and Sludge Characteristics*. Environmental Engineering Departement. *Water SA.* Vol. 27, Ankara. Turkey : 361-366
- Gockay, C. F. & Dilek, F. B. 1994. *Treatment of Effluents from Hembased Pulp and Paper Industry II. Biological Treatability of Pulping Effluents*. *Water Sciene an Technology.* 29 (9) : 161-163
- Gordon. L et al, 1986. *Handbook of Public Water System*. Van Nostrand Reinhold, New York USA : 1113 hlm
- Jackson, Gaines. B. 1993. *Applied Water and Spentwater Chemistry. Laboratory Manual*. Van Nostrand Reinhold, New York : 688 hlm
- Manisavakam. 1987. *Industrial Effluents-Origin Characteristics, Effects. Analysis and Treatment*. Sakthi Publication, Kovaipudur : 211-215
- Prouty, A. G. 1990. *Bench Scale Development and Evaluation of A Fungal Bioreactor for Colour Removal from Blench Effluents*. *Applied Microbiol. and Biotechnol.* 32 : 490-493
- Srivastaka., Gupta, S. K., & Iyer, M. V. S. 1984. *Colour Removal from Paper Mill Waste. Journal of Carbon, Colour, and Turbidity*. *Water Res.* 30 (4) : 781-792
- Stephenson, R. J. & Duff, S. J. B. 1996. *Coagulation and Prepicitation of Mechanical pulping Effluents I. Removal of Carbon, Colour, and Turbidity*. *Water Res.* 30 (4) : 781-7