EFEKTIFITAS KOMBINASI KITOSAN DAN *FERRIC CHLORIDE* ($FeCl_3$) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN PADA AIR BAKU

Nindya Yusniartanti^{*)}

^{*)} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
E-mail : nindyayusniar@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan *ferric chloride* ($FeCl_3$) sebagai tradisional koagulan-flokulan dalam pengolahan air minum telah menimbulkan permasalahan serius yaitu lumpur sedimentasi yang mengandung konsentrasi tertentu logam Fe^{3+} terbuang ke lingkungan dan terakumulasi secara terus menerus mencemari badan air dan bersifat korosif terhadap perpipaan air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk mencari alternatif pemanfaatan flokulan yang lebih ramah lingkungan (*environment friendly*) yang mampu meminimumkan dampak negatif dari akumulasi logam Fe^{3+} . Penelitian skala laboratorium dilakukan untuk mengetahui efektifitas kitosan yang dikombinasikan dengan *ferric chloride* ($FeCl_3$) dalam menurunkan kekeruhan pada air baku. Penelitian diawali dengan pengambilan sampel air yang diperoleh dari keluaran (outlet) unit prasedimentasi IPAM Karang Pilang III, Surabaya. Selanjutnya dilakukan analisa untuk parameter fisik – kimia air, yaitu, kekeruhan, SS, konsentrasi zat organik dan pH. Dalam penelitian dilakukan variasi berupa konsentrasi kitosan, dan lama waktu pengadukan untuk flokulasi (*slow mix*), sedangkan dosis koagulan $FeCl_3$ /*ferric chloride* dibuat konstan sebesar 50 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektifitas tertinggi kitosan dalam meremoval kekeruhan dalam air baku, dengan nilai gradien kecepatan (G) sebesar 300/det untuk koagulasi dan 60/det untuk flokulasi, diperoleh dari variasi konsentrasi kitosan sebesar 1 mg/L dan waktu pengadukan 30 menit, menghasilkan efektifitas proses mencapai 98,67%.

Kata kunci : flokulasi, gradien kecepatan, kekeruhan, kitosan, $FeCl_3$

ABSTRACT

Application of ferric chloride ($FeCl_3$) as a coagulant and flocculant for water treatment have caused a serious problem, that sludge (floc) containing a certain concentration of metal Fe^{3+} throw into the environment and accumulate continuously polluting water and has potential harm to distribution pipe. This study aimed to find an alternative flocculant that more environmentally friendly and able to minimize the negative impact of metal accumulation Fe^{3+} in sludge (floc) of sedimentation process or piping distribution. Laboratory studies conducted to determine the effectiveness of chitosan as an alternative and more environmentally friendly flocculant. A water sample collected from naturally raw water obtained from the outlet of prasedimentation unit's IPAM Karang Pilang III, Surabaya. Furthermore, analyzed for physical and chemical parameters, ie, turbidity, SS/TSS, pH, and organic substances had been measured to all variations of research. This research carried out a variation of chitosan's concentration, and duration's stirring (detention time of flocculation). Otherwise, the coagulant doses of $FeCl_3$ set to be constant. The selected design value of the velocity gradient (G) is 300/det for coagulation and 60/det for flocculation. The result showed that the highest effectiveness of chitosan in removing turbidity had been achieved from the variation of 1 mg/L concentration of chitosan and 30 minutes of stirring time, resulting in the effectiveness of the process reached 98,67%.

Keyword : chitosan, $FeCl_3$, flocculation, turbidity, velocity gradien

PENDAHULUAN

Kitosan adalah suatu polisakarida berbentuk linier yang terdiri dari monomer N-asetilglukosamin (GlcNAc) dan D-glukosamin (GlcN). Bentuk derivatif deasetilasi dari polimer ini adalah kitin. Kitin adalah jenis polisakarida terbanyak ke dua di bumi setelah selulosa dan dapat ditemukan pada eksoskeleton invertebrata dan beberapa fungi pada dinding selnya. Kitin digambarkan sebagai polielektrolit yang mampu mengikat partikel bermuatan negatif yang menyebabkan kekeruhan pada air (Muzarelli, 1977). Melalui berbagai penelitian yang telah dilakukan limbah kulit udang ini memiliki potensi yang besar sebagai penghasil kitin (Synowiecki dkk., 2003). Kitin merupakan polisakarida utama yang terdapat pada kulit udang dan cangkang kepiting, selain itu kitin juga terdapat pada fungi dan kerangka luar serangga. Kitin dapat diisolasi dan ditransformasi menjadi kitosan melalui proses deasetilasi (Cervera dkk., 2004).

Kitosan sebagai flokulan juga mampu sangat efektif dalam membentuk kestabilan flok yang terbentuk dalam proses koagulasi-flokulasi, sehingga mudah untuk diendapkan. Efektifitas tertinggi kitosan sebagai flokulan dalam menurunkan kekeruhan pada air sungai dapat dicapai pada rentang pH 7,0 – 7,5 (Divakaran dkk., 2001). Kitosan sebagai alternatif flokulan sangat efektif (jika dibandingkan dengan PACl) dalam meremoval COD (*organic contaminant*), dan SS (*suspended solid*) serta mengurangi konsentrasi Al^{3+} yang terbangun ke lingkungan mencapai 23,7% untuk COD, 50% untuk SS, dan 85,5% untuk Al^{3+} (Zeng dkk., 2007).

Berdasarkan karakteristik dan efektifitas kitosan dalam menurunkan kekeruhan, maka dilakukan penelitian untuk mengolah air baku (air sungai)

menjadi air bersih dengan memanfaatkan kitosan sebagai flokulan. Diharapkan kitosan dapat efektif dalam menurunkan kekeruhan dalam air baku dan menjadi alternatif pengganti bahan kimia khususnya *poly aluminum chloride/ PACl*, sehingga diperoleh proses pengolahan air minum yang lebih ramah lingkungan.

Koagulan $FeCl_3$ sangat cocok digunakan pada sampel air yang mengandung zat organik yang tinggi yang ditunjukkan dengan warna air yang sangat tinggi (*high colored water*) atau pada air yang mengandung H_2S atau pada air dengan kesadahan yang rendah (Al-Layla, 1978). Persamaan reaksi koagulan $FeCl_3$ dengan air dapat dituliskan sebagai berikut :

Dalam persamaan reaksi tersebut, dihasilkan ion Cl^- yang memungkinkan untuk membentuk ClO_2 (khlorodioksida) jika terdapat oksigen bebas yang masuk ke dalam air selama proses koagulasi-flokulasi. Khlorodioksida (ClO_2) secara efektif mampu mengoksidasi zat organik dalam air, baik yang tersuspensi maupun yang terlarut (*soluble*).

Kekeruhan dan Warna

Kekeruhan di dalam air disebabkan oleh adanya zat tersuspensi seperti lempung, lumpur, zat organik, plankton, dan partikel-partikel koloid. Sedangkan warna disebabkan oleh adanya ion-ion metal alam, humus, plankton, tanaman air atau buangan industri (limbah industri). Ada dua macam warna dalam air, yaitu warna nyata dan warna tampak. Warna nyata adalah warna yang terukur dengan penghilangan kekeruhan terlebih dahulu melalui proses filtrasi. Sedangkan warna tampak adalah warna yang pada pengukuran tidak didahului dengan penghilangan kekeruhan (Alaerts Santika, 1987).

Suatu badan air yang mempunyai kekeruhan atau turbiditas menunjukkan bahwa air tersebut banyak mengandung zat tersuspensi. Zat tersuspensi tersebut akan mengganggu jalannya sinar atau cahaya matahari yang akan menembus ke dasar badan air. Ukuran zat tersuspensi yang ada dalam badan air berbeda-beda, mulai dari ukuran koloidal sampai butiran kasar, tergantung dari tingkat turbulensi badan air tersebut (Peavy, 1985).

Kitosan

Kitosan merupakan produk deasetilasi kitin melalui proses reaksi kimia menggunakan basa natrium hidroksida, basa kuat lainnya yang berkonsentrasi tinggi, atau melalui reaksi enzimatis menggunakan enzim kitin *deacetylase*. Kitosan merupakan biopolimer yang resisten terhadap tekanan mekanik. Unsur-unsur yang menyusun kitosan hampir sama dengan unsur yang menyusun kitin, yaitu C, H, N, O dan unsur-unsur lainnya. Kitosan adalah turunan kitin yang diisolasi dari kulit kepiting, udang, rajungan, dan kulit serangga lainnya. Kitosan adalah kitin yang terdeasetilasi sebanyak mungkin, tetapi tidak cukup sempurna, dinamakan poli glukosamin (Bastaman, 1989).

Kitosan tidak beracun dan mudah terbiodegradasi. Kitosan tidak larut dalam air, dalam larutan basa kuat, dalam H_2SO_4 dan beberapa pelarut organik seperti alkohol dan aseton. Kitosan sedikit larut dalam HCl dan HNO_3 , serta larut baik dalam asam lemah, seperti asam formiat atau asam asetat. Berat molekul kitosan adalah sekitar $1,0 \cdot 10^5$, bergantung pada degradasi yang terjadi selama proses deasetilasi (Bastaman, 1990). Struktur kimia dari kitosan dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.

Gambar 1. Struktur kitosan

Sifat-sifat kitosan dihubungkan dengan adanya gugus amino dan hidroksil yang terikat. Adanya gugus-gugus tersebut menyebabkan kitosan mempunyai reaktifitas yang tinggi dan penyumbang sifat polielektrolit kationik, sehingga dapat berperan sebagai amino pengganti. Walaupun itu kitosan relatif lebih banyak digunakan pada berbagai bidang industri terapan dan kesehatan, tetapi aplikasi kitosan tidak hanya terbatas pada dua bidang tersebut (Bastaman, 1989).

Mekanisme pengikatan kitosan terhadap partikel tersuspensi tidak berbeda dengan yang terjadi pada mekanisme polimer lainnya dalam mengikat partikel koloid, sangat dipengaruhi oleh nilai pH dan dosis koagulan. Mekanisme utama berupa proses netralisasi muatan, terbentuknya jembatan antar partikel (elektrostatik) dan kemudian menangkap dalam suatu ikatan (*sweep/aggregation*) dan membentuk flok yang lebih besar dan dapat diendapkan (Renault, dkk., 2009).

METODE PENELITIAN

Sampel air yang digunakan dalam penelitian merupakan sampel asli, dari intake (air baku) IPAM Karang Pilang III, yang berasal dari Kali Surabaya. Sampel air yang digunakan dalam penelitian merupakan sampel air yang telah melalui proses pengolahan pada tahap prasedimentasi (berasal dari outlet unit prasedimentasi). Hal tersebut didasarkan pada ruang lingkup penelitian yaitu melakukan proses koagulasi-flokulasi dalam skala laboratorium.

Alat yang dipakai dalam penelitian skala laboratorium disediakan oleh Laboratorium Teknik Lingkungan, ITS, meliputi turbidimeter untuk analisa kekeruhan, pH meter yang digunakan dalam pengukuran pH, buret dan erlenmeyer dalam analisa (titrasi) untuk analisa zat organik dan konsentrasi Al^{3+} , serta beker gelas 1000 mL sebagai alat dalam proses koagulasi-flokulasi.

Bahan yang digunakan meliputi bahan-bahan yang diperlukan dalam menganalisa sampel, yaitu analisa konsentrasi zat organik (PV). Sedangkan larutan kitosan sebagai flokulan dibuat dengan melarutkan kitosan dalam HCl 0,1 M (kitosan larut dalam asam lemah), kemudian di-*stirrer* selama ± 5 jam. Beberapa bahan lain dibutuhkan untuk membuat stock larutan koagulan $FeCl_3$.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi kegiatan mulai dari pengambilan sampel hingga pelaksanaan percobaan. Pelaksanaan percobaan meliputi :

- Sampel air akan melalui proses koagulasi-flokulasi menggunakan *jar test* dengan gradien kecepatan dan kecepatan pengadukan diatur konstan.
- Nilai gradien kecepatan sebesar 300/det untuk koagulasi dan 60/det untuk flokulasi
- Kecepatan pengadukan 200 rpm untuk *flash mix*, dan 50 rpm untuk *slow mix*.
- Dicatat pH, kekeruhan (NTU) dan konsentrasi zat organik (PV) dan SS/TSS selama operasi (sebelum dan sesudah melalui proses koagulasi dan flokulasi)

- Proses pengadukan (koagulasi-flokulasi) dengan *jar test*, dengan waktu pengadukan untuk *flash mix* dibuat konstan yaitu 1 menit, sedangkan waktu pengadukan untuk *slow mix* merupakan variasi penelitian yaitu 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit.
- Dilakukan pengendapan/sedimentasi selama 30 menit.
- Diukur nilai pH, kekeruhan, SS/TSS dan konsentrasi zat organik, pada sampel air (efluen).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metode penelitian, dengan menggunakan unit *jar test* sebagai alat yang digunakan dalam proses koagulasi dan flokulasi, serta mengacu pada perencanaan dan desain penelitian, diperoleh data penelitian untuk setiap parameter yang diuji.

Kekeruhan

Analisa kekeruhan dalam air baku dilakukan setelah sampel air mengalami proses koagulasi dan flokulasi sesuai dengan variasi waktu pengadukan yang diendapkan selama 30 menit, dan kemudian dianalisa supernatan-nya. Hasil analisa dapat dilihat dalam Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa semakin lama waktu pengadukan menghasilkan removal kekeruhan yang semakin besar. Hal ini terlihat dengan nilai kekeruhan terkecil untuk semua variasi konsentrasi kitosan berada pada waktu pengadukan 30 menit. Waktu pengadukan yang semakin lama memungkinkan koagulan $FeCl_3$ dan kitosan (sebagai flokulan) akan lebih sempurna mengikat partikel-partikel koloid sejenis menjadi flok yang lebih stabil dan mudah mengendap.

Gambar 2. Removal kekeruhan untuk koagulan FeCl_3 dan variasi konsentrasi kitosan sebagai flokulan dalam berbagai variasi waktu pengadukan

Gambar 2 memperlihatkan bahwa jika dibandingkan dengan variabel kontrol, adanya penambahan kitosan dalam berbagai variasi konsentrasi mampu mempercepat penyisihan kekeruhan dalam air baku dengan efisiensi proses mencapai 98% dan dihasilkan nilai akhir kekeruhan sebesar 0,71 NTU, yaitu pada penambahan kitosan 1 mg/L dan waktu pengadukan 30 menit. Proses optimum dicapai pada penambahan konsentrasi kitosan sebesar 2 mg/L pada waktu pengadukan tercepat (15 menit) karena telah berhasil menyisihkan kekeruhan tertinggi (jika dibandingkan dengan tiga variasi konsentrasi yang lainnya) dengan nilai akhir kekeruhan mencapai 0,88 NTU dari nilai kekeruhan awal sebesar 53 NTU.

Zat Organik

Zat organik merupakan parameter lain yang diukur dalam penelitian ini, untuk mengetahui seberapa besar efektifitas kitosan dalam meremoval zat

organik dalam air baku, khususnya zat organik yang tersuspensi bersama partikel koloid.

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan, konsentrasi zat organik semakin meningkat sebagai akibat dari konsentrasi kitosan yang berlebih dan akhirnya ikut terlarut dalam air (sebagai zat organik yang *ter-soluble*/terlarut), yang hanya mampu dihilangkan dengan proses oksidasi zat organik. Efisiensi proses antara variabel kontrol dan pada variabel dengan adanya penambahan kitosan tidak memiliki perbedaan signifikan, walaupun secara keseluruhan removal zat organik dengan penambahan kitosan sebagai flokulan masih tetap lebih tinggi, kecuali pada konsentrasi kitosan 1,5 mg/L dan waktu pengadukan 30 menit.

Removal organik terbesar terjadi pada penambahan kitosan 1 mg/L dan waktu pengadukan 10 menit, dan dapat dikatakan juga sebagai proses optimum karena diperoleh dengan penambahan

konsentrasi kitosan yang tidak terlalu besar tetapi memiliki waktu reaksi yang relatif cepat. Efisiensi proses pada variasi tersebut mencapai 72,73% atau setara dengan konsentrasi zat organik sebesar 4,74 mg/L (nilai awal konsentrasi zat organik adalah 17,38 mg/L).

Suspended Solid (SS)

Nilai SS merupakan parameter yang digunakan untuk memperkuat analisa terhadap removal kekeruhan. Karena berdasarkan teori, diketahui bahwa semakin tinggi nilai kekeruhan akan semakin tinggi pula nilai SS dan sebaliknya.

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa nilai SS terkecil diperoleh pada waktu pengadukan 30 menit dengan konsentrasi kitosan sebesar 1 mg/L. Nilai optimum dicapai pada penambahan konsentrasi kitosan sebesar 2 mg/L dan waktu pengadukan (15 menit) dengan nilai removal SS sebesar 81,48% atau setara nilai akhir SS

sebesar 20 mg/L dengan nilai awal sebesar 108 mg/L.

Sedangkan nilai removal terbesar dicapai pada waktu pengadukan 30 menit dan penambahan 2 mg/L kitosan yaitu sebesar 85,18% dengan hasil akhir konsentrasi SS sebesar 16 mg/L. Penambahan kitosan (sebagai flokulan) yang direaksikan dengan koagulan FeCl_3 akan meningkatkan efektifitas dan efisiensi proses koagulasi dan flokulasi, akan tetapi lama waktu pengadukan juga memberikan efek peningkatan konsentrasi SS karena terganggunya kestabilan flok yang telah terbentuk menjadi tersuspensi kembali.

pH

Nilai pH merupakan parameter kontrol untuk menjaga agar proses koagulasi dan flokulasi berjalan dengan optimal. Karena pada beberapa kondisi, kelarutan senyawa kimia sangat dipengaruhi oleh nilai pH (Al-Layla, 1978).

Gambar 3. Removal zat organik untuk koagulan FeCl_3 dan variasi konsentrasi kitosan sebagai flokulan dalam berbagai variasi waktu pengadukan

Gambar 4. Removal SS dengan koagulan FeCl_3 untuk semua variasi konsentrasi kitosan dan waktu pengadukan

Gambar 5 dengan jelas menunjukkan bahwa kombinasi koagulan FeCl_3 dan variasi konsentrasi kitosan sebagai flokulan, akan cenderung meningkatkan nilai pH seiring bertambahnya waktu pengadukan. Hal ini bertolak belakang dengan data yang ditunjukkan ketika $\text{alum}/\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ digunakan sebagai koagulan, dimana nilai pH mengalami penurunan dengan semakin lama waktu pengadukan. Rentang nilai pH pada kombinasi FeCl_3 dan kitosan, diperoleh nilai terkecil berada pada pH 6,74 dan maksimum pada nilai pH 7,04.

Pada nilai pH 7,04 dihasilkan removal kekeruhan dan SS terbesar, dengan nilai akhir kekeruhan 0,71 NTU dan kandungan SS sebesar 16 mg/L. Hal tersebut sesuai dengan temuan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa nilai pH optimum dalam proses flokulasi dengan menggunakan kitosan sebagai flokulan

berada pada nilai pH berkisar 7 (Divankaran, dkk., 2002).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan bahwa proses optimum dicapai dari variasi penelitian yaitu koagulan FeCl_3 , dan kombinasi proporsi flokulan dengan perbandingan 1 mg/L kitosan, dan waktu pengadukan 30 menit, dengan efisiensi proses mencapai 97,87%, nilai akhir kekeruhan sebesar 0,71 NTU.

Jika dilihat dari parameter kekeruhan, pemanfaatan kitosan sebagai alternatif flokulan yang dikombinasikan FeCl_3 sebagai koagulan, mampu menurunkan kekeruhan dan menghasilkan kualitas air yang memenuhi syarat kualitas air bersih yang ditentukan, yaitu kurang dari 5 NTU untuk seluruh variasi dalam penelitian.

Gambar 5. Nilai akhir pH dengan koagulan FeCl_3 untuk semua variasi konsentrasi kitosan dan waktu pengadukan

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla, M. Anis, Ahmad, Shamin, Middlebrooks, E. Joe, (1978), *Water Supply Engineering Design*, An Arbor Science USA.
- Alaerts, G., dan Santika, S.S., (1987), *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Bastaman, (1989), *Studies on Degradation and Extraction of Chitin and Chitosan from Prawn Shells*, The Queen's, University of Belfast, England.
- Benefield, Larry D., Judkins, Joseph F., Weand, Barron L., (1982), *Process Chemistry for Water and Wastewater Engineering Treatment*, Prentice Hall. Inc. New Jersey.
- Cervera, M.F., Heinamaki, J., Rasanen, M., Maunu, S., Karjalainen, M., Acosta, O.M.M., Colarte, A.I., Yliruusi, J., (2004), *Solid-state characterization derived from lobster chitin*, Carbohydrate Polymers, vol. 58 (4), hal 401-408.
- Divakaran, R., Pillai, V.N. Sivasankara, (2002), *Technical note ; Flocculation of River Silt Using Chitosan*, Water Research, vol. 36, hal 2414-2418.
- Driscoll, C.T., dan Letterman, R.D., (1995), *Factors Regulating Residual Alluminium Concentrations in Treated Waters*, Envirometrics, vol 6, hal 287-309.
- Hendricks, David W., (2006), *Water Treatment Unit Processes: Physical and Chemical*, CRC/ Taylor & Francis.
- McLachlan, D.R.C., (1995), *Alluminium and the risk for Alzheimer's disease*, Envirometrics, Vol. 6, hal 233-275.

- Muzzarelli, R.A.A, (1985), *New derivations of Chitin and Chitosan : Properties and Application in New Development Industrial Polysaccharides*, I.C.M. Dea and V. Crescenzi eds., hal. 207-231, Gordon & Breach, New York.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R., dan Tchobanoglous, G., (1985), *Environmental Engineering*, McGraw Hill, New York.
- Qasim, Syed R., Motley, Edward M., Zhu, Guang, (2000), *Water Works Engineering: Palnningm Design, and Operation*, Prentice Hall PTR, Upple Saddle River, NJ 07458.
- Synowiecki, J., dan Al-Khateeb, N.A., (2003), *Production, Properties, and Some New Applications of Chitin and its Derivatives*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 43, no. 2, hal 145-171.
- Zeng, D., Wu, J., Kennedy, John F., (2008). *Application of a Chitosan Flocculant to a Water Treatment*, Journal of Carbohydrate Polymers, vol. 71, hal 135–139.