

PENGARUH PENAMBAHAN KOAGULAN TERHADAP EFISIENSI PENURUNAN JUMLAH BAKTERI INDIKATOR PENCEMAR DALAM SISTEM PENGOLAHAN AIR BERSIH

Ignasius D.A. Sutapa

Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

E-mail: ignasdas@yahoo.co.id

Diterima redaksi : 12 Juni 2013, disetujui redaksi : 6 November 2013

ABSTRAK

Salah satu penentu kualitas air terdapat pada sistem pengolahan air baku menjadi air produksi. Proses pengolahan air bersih terdiri dari beberapa tahap diantaranya koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan filtrasi dalam mengurangi jumlah bakteri indikator pencemar. Pada penelitian ini zat yang berperan sebagai koagulan ialah Poly Aluminium Clorida (PAC) pada konsentrasi 25 mg/l. Penelitian ini dilakukan pada bulan April hingga Juli 2009. Tujuan dari penelitian ini menentukan pengaruh penambahan koagulan terhadap efisiensi penurunan bakteri indikator pencemar dalam system pengolahan air bersih. Dua jenis bakteri yang dipantau adalah Escherichiacolidan Coliform. Berdasarkan uji kualitas air menunjukkan pengaruh yang signifikan dari penambahan PAC terhadap jumlah bakteri indikator pencemar. Jumlah bakteri Coliform air baku sebesar 252 koloni/100 ml turun menjadi 12 koloni/100ml. Sementara jumlah E. coli turun dari sekitar 238 koloni/100ml menjadi 8 koloni/100ml. Dari data tersebut diperoleh nilai efisiensi penurunan 95,2 % untuk Total Coliform dan 96,6 % E.Coli.

Kata kunci: koagulan PAC, bakteri indikator, efisiensi, kualitas air

ABSTARCT

EFFECT OF COAGULANT ADDITION FOR REDUCTION BACTERIA INDICATOR EFFICIENCY OF WATER TREATMENT SYSTEM. *One of the determination water quality was water treatment system for raw water to water production. Several stages of water treatment system are coagulation-floculation, sedimentation and filtration for decreasing bacteria indicator total. In this study use Poly Aluminium Clorida (PAC) (25 mg/l) as coagulant. This research was began on April until Juli 2009. The prupose of this research was determinanted of effect coagulant addition for reduction bacteria indicator efficiency of water treatment system . Two type bacteria that monitored were E. coli and Coliform. Based on water quality test showed significant effect of PAC addition to decreasing bacterium indicator. The amount of raw water Coliform bacteria was 252 colony/100 ml to 12 colony/100 ml. while the number of E. coli down from 238 colony/100ml to the 8 colony/100ml. The number of reduction efficiency bacteria was 95.2% for Total Coliform and 96.9% for E. coli.*

Key words: PAC coagulant, bacteria indicator, efficiency, water quality

PENDAHULUAN

Sistem pengolahan air bersih yang baik sangat diperlukan sebagai upaya untuk memelihara ketersediaan air yang merupakan bahan baku yang banyak dimanfaatkan manusia. Parameter biologis merupakan salah satu penentu kualitas air yakni dengan melihat ada tidaknya bakteri pencemar berupa *fecal coliform* atau *total coliform*. Hal ini dilakukan untuk menentukan standar kualitas air. Dalam sistem pengolahan air limbah secara kimia sering ditambahkan koagulan, yang merupakan reagen kimia yang dapat mendorong terjadinya destabilisasi partikel berukuran koloid dalam proses koagulasi.

Penambahan koagulan ini bertujuan menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap. Jenis partikel tersebut antara lain: koloid, logam-logam berat, senyawa fosfor, dan senyawa organik beracun. Agar senyawa tersebut mudah mengendap maka dibutuhkan zat yang bersifat elektrolit. Ketika zat elektrolit bertemu dengan zat koloid akan terjadi reaksi netralisasi muatan koloid membentuk senyawa berukuran lebih besar sehingga pengendapan dapat terjadi (Anonim, 2006 dalam Said, 2008)

Keberadaan *Coliform*, *fecal Coliform* dan *fecal streptococci* dalam air dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pH dan ketersediaan nutrisi. Sebagian besar bakteri tumbuh dalam lingkungan dengan pH netral. Pertumbuhan bakteri biasanya dibatasi oleh ketersediaan nutrisi seperti karbon organik, nitrogen dan fosfor (Peterson 2005 ; Camper 1991), Jika kondisi lingkungan tidak mendukung atau bahkan menekan pertumbuhan bakteri, maka bakteri akan memasuki tahap dorman. Mekanisme penurunan jumlah bakteri terjadi melalui proses penjembaran bakteri oleh flok yang terbentuk selama proses koagulasi-flokulasi. Selain itu, partikel-partikel yang ikut diendapkan oleh koagulan diantaranya adalah fosfor, nitrogen, dan nutrisi lain

yang merupakan bahan-bahan yang dibutuhkan oleh bakteri untuk tetap tumbuh, sehingga bakteri terhambat pertumbuhannya. Hal ini berkaitan erat dengan penelitian yang dilakukan oleh Le Chevallier and Au (2004) yakni koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) terbukti mampu mengurangi senyawa fosfor dan nitrogen dalam air.

Dalam kaitannya dengan sistem pengolahan air bersih, diperlukan konsentrasi koagulan terhadap bakteri dalam air dengan variasi konsentrasi yang lebih luas. Dengan lingkup konsentrasi koagulan yang lebih luas, konsentrasi koagulan yang optimal dapat ditentukan untuk diaplikasikan dalam instalasi. Oleh karenanya diperlukan kajian efisiensi proses pengolahan air bersih yang terdiri dari beberapa tahap diantaranya koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan filtrasi dalam mengurangi jumlah bakteri indikator pencemar (Sutapa, 2010). Proses optimalisasi dosis koagulan menggunakan alat *jar test*.

Hasil penelitian Bulson *et al.* (1984) mengamati penurunan jumlah bakteri menggunakan alum sebagai koagulan. Efisiensi penurunan jumlah tiap bakteri indikator adalah 90 % untuk *fecal coliform* dan 70% untuk *fecal streptococci*. Selain itu Khan *et al.* (1984) yang juga melakukan penelitian mengenai hubungan koagulasi dan penurunan jumlah bakteri secara *In vitro* menunjukkan bahwa aplikasi alum terhadap air danau menurunkan pH dalam kisaran 7 sampai 5 menjadi 4 hingga 1. Pada pH ini, koagulan tersebut terbukti membunuh *Vibrio cholerae*, *Shigella* spp, dan *Escherichia coli*. Walau demikian, penelitian tersebut dilakukan terbatas pada kultur murni saja. Hal ini dinilai masih belum lengkap untuk menjelaskan penurunan jumlah bakteri dalam skala instalasi mengingat kondisi instalasi bukan kultur murni. Untuk itu, dalam penelitian ini, masalah yang dipelajari adalah pengaruh koagulan dalam menurunkan jumlah bakteri dalam kondisi di instansi.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh penambahan koagulan terhadap efisiensi penurunan bakteri indikator tercemar dalam sistem pengolahan instalasi air bersih. Dua jenis bakteri yang dipantau adalah *E. coli* dan *Coliform*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan April hingga Juli 2009, bertempat di Laboratorium Limnologi LIPI Cibinong dengan menggunakan sampel asal Situ Cibuntu, Cibinong Bogor.

Uji efisiensi penurunan jumlah bakteri indikator pencemar dilakukan terhadap prototype Instalasi Pengolahan Air Bersih (IPAB) skala pilot dengan kapasitas produksi 30 l/menit sebagaimana dideskripsikan oleh Sutapa (2010). IPAB tersebut mempunyai volume total sekitar 2 m³. Adapun susunan bagiannya terdiri atas : bak koagulator, bak flokulator, bak sedimentasi, bak filtrasi dan bak penampung air bersih. Sampel air yang akan diuji diambil dari dua titik yaitu air baku dipompa dari sumber air permukaan berupa air sungai, dan air yang telah masuk kompartemen penampungan setelah melalui proses filtrasi. Sementara konsentrasi koagulan PAC yang diaplikasikan adalah sesuai hasil *jar test* koagulasi-flokulasi yaitu pada kisaran 20 – 25 mg/l. Dua jenis bakteri indikator pencemar yang akan dilihat adalah Total *Coliform* dan *E. Coli* (Hurst *et al*, 2002).

Prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa kelompok, yakni ;

- Uji parameter fisik

Pengukuran konsentrasi nitrat, nitrit, ammonium menggunakan metode titrimetri. Sedangkan pengukuran pH menggunakan pH meter, DO *conductivity* menggunakan *conductivity / TDS meter* dan kekeruhan dilakukan dengan metode turbidimetri.

- Uji efisiensi penurunan bakteri indikator secara kuantitatif

Membran selulosa berpori 0.45 nm steril diletakkan pada alat penyaring dengan menggunakan pinset. Sampel air disaring dengan volume 100 ml dan 50 ml pada bak-bak pengolahan. Sedangkan air sumber disaring dengan volume 10, 1, dan 0,1 ml. Untuk sampel air 1 dan 0,1 ml diencerkan terlebih dahulu dengan aquades. Setelah disaring, membran diambil dan diletakkan secara hati-hati pada cawan petri yang berisi media.

Media yang digunakan untuk total *Coliform* yaitu mEndo dan untuk fekal *Coliform* mFC. Cawan petri diinkubasi selama 24 jam pada temperatur 35 + 0,5 °C untuk total *Coliform* dan selama 48 jam dengan temperatur 44,5 + 0,5 °C untuk termotolerant *Coliform*. Koloni berwarna merah dengan penampakan hijau metalik menandakan uji positif untuk total *Coliform*. Koloni berwarna biru menandakan uji positif untuk *E. Coli*. Jumlah koloni pada membran filter dihitung dengan *colony counter*.

- Uji efisiensi penurunan bakteri indikator secara kualitatif

Koloni-koloni positif yang tumbuh pada media mEndo dan mFC kemudian dicuplik sebanyak 10 koloni dan diinokulasi pada media laktosa cair dengan tabung Durham didalamnya. Uji positif pada media laktosa cair dan nutrient agar ditandai dengan terbentuknya gas. Gas tersebut akan terlihat pada tabung Durham dan pada dasar media nutrient agar. Sedangkan pada media endo agar akan tumbuh koloni berwarna merah untuk *Coliform* dan hijau metalik untuk termotolerant *Coliform*. Selain itu dilakukan juga pewarnaan Gram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Parameter Kualitas Air

Pengujian beberapa parameter kualitas air ini dilakukan untuk menunjukkan pengaruh nyata terhadap penambahan koagulan berupa PAC, pada konsentrasi 20 – 25 mg/l terhadap air baku

yang bersal dari IPAB menjadi air produksi yang memiliki kualitas lebih baik. Berdasarkan uji *jar test* diperoleh hasil optimal penambahan koagulan pada konsentrasi 25 mg/l. Hasil pengukuran ini ditampilkan pada tabel 1. Beberapa parameter kimia menunjukkan konsentrasi nitrat, nitrit, dan amonium berada dalam kisaran normal berdasarkan Departemen Kesehatan RI Peraturan Pemerintah No. 492 Tahun 2010 yaitu : 0,041 mg/l, 19,66 mg/l dan 0,096 mg/l untuk air baku. Sementara untuk air produksi, konsentrasinya secara berturut adalah : 0,039 mg/l, 14,24 mg/l dan 0,092 mg/l. Selama proses pengolahan air, suhu air juga berada dalam kisaran normal yakni 28,8⁰ C pada air baku dan 27,7⁰ C pada air produksi. Sementara itu nilai kandungan oksigen terlarut relatif tinggi 6,7 mg/l dan 7,38 mg/l. Nilai pH pada air baku adalah 7.38 dan mengalami sedikit penurunan menjadi 6.85. Nilai konduktivitas air berada dalam kisaran 0.099-1.106 mS/cm.

Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi senyawa kimia sebelum dan sesudah penambahan koagulan dan penurunan pH, karena adanya proses koagulasi-flokulasi serta pengendapan maupun filtrasi yang dapat menurunkan

konsentrasi ketiga senyawa tersebut sehingga meningkatkan kualitas air produksi (Wattanachiral et. al,2004). Koagulan juga berperan dalam merubah nilai pH. PAC mempunyai kisaran optimum yang lebih luas yaitu 5,0-8,5 dibanding alum (American Society of Civil Engineering and American Water Works Association, 1996). PAC merupakan bahan koagulan yang bersifat asam karena memiliki sisi keasaman Bronsted-Lowry. Sehingga semakin banyak PAC yang ditambahkan, maka pH larutan akan semakin rendah. Sebagian besar kation bermuatan tinggi yang dimiliki PAC berupa $Al_13O_4(OH)_{24}^{7+}$ atau disebut juga Al_{13} . Karena muatan positif yang tinggi, Al_{13} sangat efektif dalam menetralkan muatan partikel bermuatan negatif yang terkandung dalam air. Akibatnya, PAC mampu menyingkirkan partikel yang terdapat dalam air lebih banyak daripada alum dan flok yang lebih padat (Gregory and Dupont, 2001).

Penentuan nilai optimal dosis koagulan berdasarkan nilai tingkat kekeruhan yang terus menurun. Air baku yang belum diolah memiliki tingkat kekeruhan 19 NTU, turun menjadi 0 NTU pada saat dosis koagulan 25 mg/l. Perubahan kualitas fisik ini dapat dilihat dalam gambar 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil analisa kualitas air baku dan air produksi

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*)	Air Baku	Air Produksi
1	Nitrit	mg/l	3	0,041	0,039
2	Nitrat	mg/l	50	19,66	14,24
3	Ammonium	mg/l	1,5	0,096	0,092
4	Temperature	C	Suhuudarasekitar	28,8	27,6
5	pH		6,5 – 8,5	7,38	6,85
6	DO	mg/l	-	6,7	7,34
7	Conductivity	mS/cm	-	0,099	0,106
8	Kekeruhan	NTU	5	19	0

*) berdasarkan Departemen Kesehatan RI Peraturan Pemerintah No. 492 Tahun 2010



(a)



(b)

Gambar 1 Air baku (a) dan air produksi (b)

Uji Efisiensi Penurunan Bakteri Indikator

Coliform merupakan suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi tidak baik terhadap air. Ciri-ciri *Coliform* berbentuk batang, Gram negative, tidak membentuk spora, aerobic dan anaerobik fakultatif yang memfermentasi laktosa menjadi asam dan gas (Le Chevallier *et al.*, 2004). Langkah awal pengujian bakteri ini yaitu isolasi bakteri yang berasal dari air baku IPAB dan air produksi yang telah ditambahkan koagulan PAC. Kemudian isolat tersebut ditumbuhkan dalam media mEndo dan mFc. Media mEndo digunakan untuk total *Coliform* dan menunjukkan hasil positif yakni koloni berwarna merah dengan penampakan hijau metalik (Gambar 2 (a)). Sedangkan media mFc digunakan untuk *fecal Coliform* yang berupa *E. coli* dan menunjukkan hasil positif berupa koloni berwarna biru (Gambar 2 (b)).

Hasil yang diperoleh dari penambahan koagulan PAC berpengaruh signifikan terhadap penurunan jumlah total *Coliform* dan *E. coli*. Jumlah bakteri indikator mula-mula pada air baku dalam IPAB telah melebihi standar Departemen Kesehatan RI Peraturan Pemerintah No. 492 Tahun 2010 yang telah ditetapkan pemerintah sehingga tidak layak untuk dikonsumsi langsung. Sebelum aplikasi PAC, jumlah total *Coliform* dan *E. coli*, berturut-turut adalah 252 kol/100 ml, 238 kol/100 ml. Setelah

melewati tahap koagulasi-flokulasi dan filtrasi sehingga menjadi air produksi, jumlah total *Coliform* dan *E. coli* masing-masing adalah 12 kol/100 ml dan 8 kol/100 ml (Tabel 2).

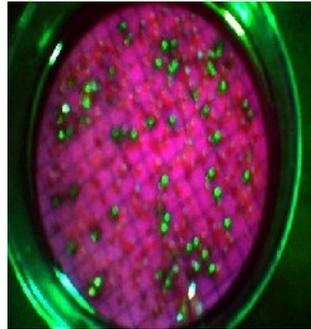
Berdasarkan jumlah penurunan tersebut mengindikasikan bahwa proses koagulasi-flokulasi mampu menurunkan jumlah bakteri indikator pencemar. Selain itu, proses aglomerasi partikel dalam air baku akibat penambahan koagulan sangat berperan dalam menurunkan jumlah bakteri indikator pencemar dalam air. Mekanisme penurunan jumlah ini melalui proses penjebakan bakteri oleh flok yang terbentuk selama proses koagulasi-flokulasi. Terbentuknya flok-flok yang baik biasanya diawali oleh proses koagulasi yang efisien. Kualitas flok-flok tersebut akan mempengaruhi cepat atau lambatnya partikel-partikel mengendap dalam bak sedimentas (Sutapa, 2010).

Sel bakteri memasuki kondisi hidup namun tak dapat dikultur atau *Viable but Non Culturable* (VBNC) sebagai respon terhadap bentuk tekanan alami seperti ketersediaan nuriem dalam jumlah rendah, pH, inkubasi di luar kisaran temperatur pertumbuhan, naiknya konsentrasi osmosis, dan konsentrasi oksigen (Oliver, 1999), Beberapa penelitian seperti Chowdury *et al.* (1997) dan Khan *et al.* (1984) menunjukkan bahwa VBNC dapat terjadi akibat asidifikasi dalam proses koagulasi.

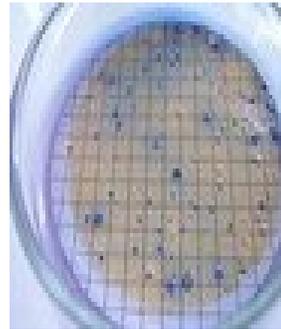
Tabel 2. Efisiensi penurunan bakteri indikator

Jenis Bakteri	Satuan	AB	AP	Efisiensi (%)
Coliform	Kol/100ml	252	12	95,2
E. Coli	Kol/100ml	238	8	96,6

Ket : AB = air baku, AP = air produksi



(a)



(b)

Gambar 2 Koloni Total Coliform (a), Koloni E. Coli (b)

Kondisi VBNC merupakan tahap dorman dimana bakteri gagal tumbuh dalam media bakteriologi rutin dimana dalam kondisi normal bakteri itu dapat tumbuh dan membentuk koloni. Walaupun begitu bakteri yang mengalami VBNC ini masih dalam kondisi hidup namun dengan tingkat metabolisme yang lebih lambat. Menurut Signoreto *et al.* (2000), VBNC merupakan kondisi fisiologis bakteri sebagai respon terhadap tekanan lingkungan yang dapat menyebabkan kematian. Kondisi VBNC telah ditemukan pada bakteri gram negatif anggota *coliform* seperti *Klebsiella* dan *fecal coliform* seperti *E. coli* maupun bakteri gram positif anggota *fecal streptococci* seperti *Enterococcus*.

Secara kuantitatif, dapat dihitung persentase penurunan jumlah bakteri indikator pencemar. Proses pengolahan yang dilakukan dengan menggunakan instalasi skala pilot ini dimana koagulan yang dipakai adalah PAC, telah mampu menyingkirkan 95,2 % *Total Coliform*, 96,6 % *Fecal Coliform* (Tabel 2). Sehingga tingkat efisiensi penurunan jumlah bakteri indikator pencemar cukup tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan konsentrasi optimum penambahan koagulan PAC hasil jar test sebesar 25 mg/l yakni dengan melihat perubahan warna kekeruhan. Pada konsentrasi ini mampu mengurangi jumlah bakteri indikator pencemar yakni bakteri *Coliform* air baku sebesar 252 koloni/100 ml, turun menjadi 12 koloni/100ml. Sementara jumlah *E. coli* turun dari 238 koloni/100ml menjadi 8 koloni/100ml. Dari data tersebut diperoleh nilai efisiensi penurunan 95,2 % untuk *Total Coliform* dan 96,6 % untuk *E. Coli*.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineering and American Water Works Association. 1996. Water Treatment Plant Design. 2nd Edition. McGraw Hill Publishing Company. New York. pp. 80-95.
- Bulson, P.C., D.L. Johnstone, H.L. Gibbons, & W. H. Funk. 1984. Removal and Inactivation of Bacteria During Alum Treatment of A Lake in *Applied and*

- Environmental Micro biology*. 48(2): 425-430.
- Camper, A.K., G.A. McFeters, W.G. Characklis, & W.L. Jones. 1991. Growth Kinetics of Coliform Bacteria Under Condition Relevant to Drinking Water Distribution Systems. *Applied and Environmental Micro biology*.57(8): 2233- 2239.
- Chowdhury, M.A.R., A. Huq, B.Xu, F.J. Madeira, & R.R. Colwell. 1997. Effect of Alum on Free-Living and Copepod-Associated *Vibrio Chloreae* O1 and O 139. *Applied and Environmental of Microbiology*. 63(8):3323-3326
- Departemen Kesehatan RI, 2010. Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Gregory, J., & J. Dupont. 2001. Hydrolyzing Metal Salts as Coagulants. *Pure Application of Chemistry*. 73(12):2017-2026.
- Hurst, C.J., G.R. Knudsen, M.J. Mc Inerney, L.D. Stenzenbach, & M.V. Walter. 2002. *Manual of Environmental Microbiology*. Second Edition.ASM Press.Washington, D.C. pp 205,206,210,211,280,281.
- Khan, M.U., M.R. Khan, B.Hossain, & Q.S. Ahmed. 1984. Alum Potash in Water To Prevent Cholera. *Lancet* ii: 1032
- in Vitro Antimicrobial Activity of Potash Alum., Dutta, S. and Bhattacharya. National Institute of Cholera and Enteric Disease. Calcutta.
- Le Chevallier, M.W., & K.K.Au. 2004. Water Treatment and Pathogen Control: Process Efficiency in Achieving Save Drinking Water. IWA Publishng.London.pp (270).
- Oliver, J.D., 1999. The Viable But Non Culturable State and Celluar Resuscitation *In* C.R. Bell, M.Brylinsky, and P.J.Green. *Microbial Biosystems: New Frontiers*. Atlantic Canada *Soc.Microb.Ecol.* Canada. pp. 723-730.
- Peterson, C.N., M.J. Mandel, & T.J.Silliavy. 2005. *Escherichia coli* Starvation: Essential Nutrients Weigh. *Journal of Bacteriology*.187(22):7549-7553.
- Said, N.I ., 2008. "Teknologi pengolahan air minum : Teknologi pengolahan air gambut sederhana." BPPT Press.(230).
- Signoretto, C., M.D. LLeo, M.C.Tafi, & P. Canepari. 2000.Viable but Non Culturable State. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol.66(5):1953-1959.
- Sutapa, I., 2010. Efisiensi Proses Koagulasi di Kompartemen Flokulator Tersusun Seri Dalam Sistem Pengolahan Air Bersih. *Proseding Seminar Nasional Teknik Kimia UPN Yogyakarta* (288-234).
- Wattanachiral, S., C. Musikavong., O.Permsuk, & P. Pavasant. 2004. Removal of Surrogates For Natural Organic Matter and The Probability of Finding Trihalomethanes in The Produced Water Supply From Waterworks in Chiang Mai. *Sangklanakarin Journal Of Science Technology*. 26 (Suppl.1):25-35.