

KAJIAN KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH DENGAN AIR BAKU DARI SITU CIBUNTU - CIBINONG

Ignasius D.A. Sutapa, Eka Prihatinningtyas & Tri Yuli Setyaningsih

Pusat Penelitian Limnologi – LIPI

Kompleks LIPI – Cibinong

Jl. Prof. Doddy Tisna Amidjaya, PO BOX 454, Cibinong – BOGOR

Tel/Fax.: 021 –8757071 /021 – 8757076, Email: ignasiussutapa@chemist.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan oleh Pusat Penelitian Limnologi LIPI dan bertujuan untuk mengolah air bersih dari situ Cibuntu serta menghitung efisiensi instalasi pengolahan airnya. Tahapan proses yang dilakukan adalah koagulasi dengan penambahan alum, filtrasi dan terakhir disinfeksi dengan penambahan kaporit. Dari hasil dapat diperoleh air bersih yang sesuai dengan standar yang ditentukan oleh PERMENKES 1990. Secara fisika, proses pengolahan ini efektif untuk menurunkan kekeruhan dengan efisiensi total sebesar 91.80%. Nilai pH dan suhu juga masih berada pada batas kisaran normal. Secara kimiawi, proses pengolahan ini mampu menurunkan kadar amoniak, nitrat, nitrit, total fosfat, besi dan mangan serta meningkatkan alkalinitas dan jumlah oksigen terlarut. Perhitungan efisiensi dilakukan pada tiap alat proses dan efisiensi total.

Kata kunci: *pengolahan air, koagulasi, filtrasi, disinfeksi, efisiensi*

1. Pendahuluan

Air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan. Sebagian besar penyusun tubuh manusia adalah air. Air bersih yang dikonsumsi manusia disebut *potable water*. Air ini harus memenuhi syarat secara fisikawi, kimiawi dan biologis. Syarat-syarat tersebut antara lain bebas dari bakteri patogen, tidak mengandung bahan yang memiliki efek akut atau kronis yang menimbulkan kerugian bagi kesehatan manusia, jernih dalam artian memiliki kekeruhan yang rendah dan tidak berwarna, tidak mengandung garam, tidak berbau dan berasa. (Hofkes, et al, 1983).

Dewasa ini masalah yang sering dihadapi di kota-kota besar adalah makin menipisnya cadangan air minum bersih dan aman untuk dikonsumsi. Berbagai upaya telah banyak dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, antara lain dengan mencari sumber mata air baru, mengolah dan menawarkan air laut (desalinasi), mengolah kembali air kotor yang berada di sungai dan situ. Sistem pengolahan air yang digunakan tergantung dari kualitas air bakunya dan tingkat kemurnian yang diinginkan.

Sebelum didistribusikan untuk dikonsumsi air mengalami serangkaian proses pengolahan yang meliputi proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan yang

terakhir disinfeksi. Proses-proses tersebut sangat menentukan keberhasilan proses pengolahan air bersih. Oleh karena itu, perlu dikaji apakah proses pengolahan yang dilakukan telah efektif untuk meningkatkan kualitas fisikawi, kimiawi dan biologis agar dihasilkan air bersih dan sehat yang sesuai dengan standar baku mutu air untuk dikonsumsi.

Proses koagulasi bertujuan untuk mengendapkan partikel-partikel sehingga terbentuk flok-flok dan koloid yang tersuspensi (Prescott et al, 1999). Flokulasi merupakan proses destabilisasi partikel dalam air oleh koagulan yang ditambahkan. Koagulan yang sering digunakan adalah alum. Penggunaannya sangat dipengaruhi oleh kekeruhan air bakunya.

Filtrasi adalah proses pemisahan bahan-bahan yang tersuspensi dalam air melalui bahan berpori sehingga menghasilkan kualitas air yang lebih baik. Filter yang sering digunakan adalah *slow sand filter* dan *rapid sand filter*. Tujuan filtrasi adalah untuk menghilangkan mikroorganisme termasuk virus, bakteri dan protozoa serta flok-flok yang tidak mengalami sedimentasi.

Tahap akhir pada proses pengolahan air adalah disinfeksi. Ada dua metode yang dapat digunakan yaitu metode fisikawi dan metode kimiawi. Metode fisikawi dilakukan dengan pemaparan sinar UV dan ozonisasi sedangkan metode kimiawi seperti penambahan klorin dan klorin dioksida.

Hal yang terpenting dari suatu proses adalah efisiensi kerja alat serta efektivitas proses. Suatu alat mempunyai nilai efisiensi yang tinggi jika alat tersebut dapat bekerja secara efektif dan optimal untuk proses yang dilakukannya.

Penelitian ini bertujuan mempelajari proses pengolahan air untuk meningkatkan kualitas fisikawi, kualitas kimiawi dan kualitas biologis air baku serta meningkatkan efektivitas proses pengolahan air.

2. Metode Penelitian

2.1. Tempat dan Waktu

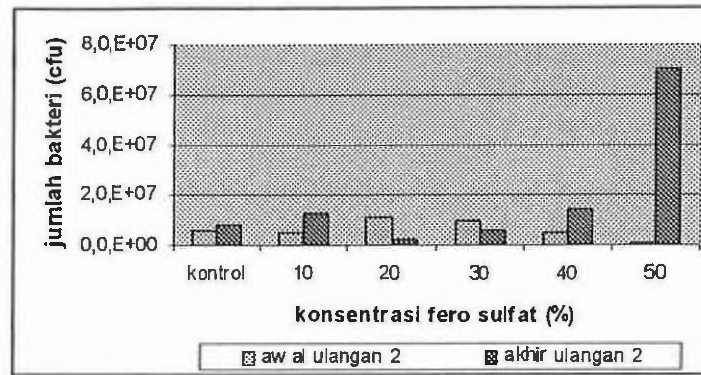
Penelitian ini dilakukan di Situ Cibuntu, Pusat penelitian Limnologi LIPI di Cibinong, Bogor pada bulan Maret sampai dengan Juli 2004. Air baku langsung diambil dari Situ Cibuntu. Pengambilan sampel dilakukan selama 3 hari dari jam 6 pagi sampai jam 8 malam dengan interval waktu 1 jam untuk mengetahui perubahan kualitas air situ.

2.2. Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati untuk menguji kualitas fisikawi adalah bau dan rasa, kekeruhan serta suhu. Sedangkan untuk menguji kualitas kimiawi, parameter yang diukur adalah alkalinitas, pH, *dissolved oxygen* (DO), konsentrasi amoniak, nitrat, nitrit, total fosfat, besi dan mangan dalam air.

2.3 Pengambilan Sampel

Sampel air yang akan diperiksa, diambil dengan menggunakan botol gelap dengan pemberat dan penutup. Botol dibilas terlebih dahulu sebanyak 3X dengan air sampel. Air sampel diambil dengan mencelupkan botol tertutup ke dalam bak



b. ulangan kedua

Gambar 3. Respon Strain VISTX-3 terhadap Penambahan Koagulan Fero Sulfat (FeSO_4)

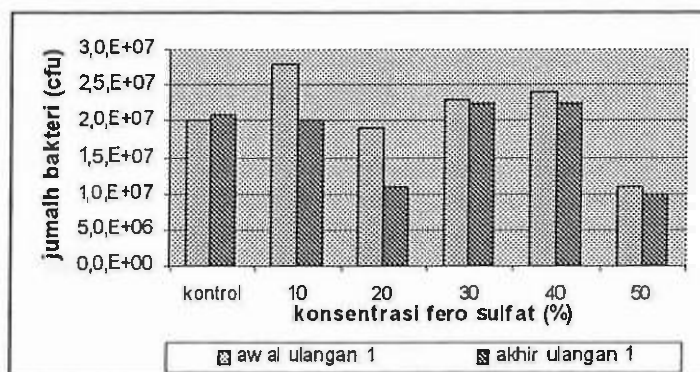
Seperti ditunjukkan dalam gambar 3, pertumbuhan strain VISTX-3 berbeda dengan yang lain. Isolat tersebut tidak memperlihatkan keteraturan pola. Pada saat pertambahan konsentrasi koagulan sebesar 10%, besar pertambahannya sampai 20 juta cfu. Pada konsentrasi 20, kenaikan jumlahnya hanya sebesar 30 ribu cfu saja. Ketika konsentrasi koagulan dinaikkan menjadi 30%, jumlah bakteri justru turun sebesar 8 jutaan cfu. Dan pada dosis 40% kembali terjadi pertambahan jumlah isolat yang besar, yaitu sekitar 15 juta cfu. Pada level selanjutnya, bakteri kembali mengalami penurunan jumlah sekitar 8 juta cfu.

Sedangkan pada ulangan kedua, ketika diberi fero sulfat sebanyak 10% terjadi kenaikan jumlah strain VISTX-3 sampai mendekati 8 jutaan cfu. Pada dua konsentrasi berikutnya, jumlah bakteri malah turun sebanyak 10 dan 4 juta cfu. Jumlah bakteri filamen kembali meningkat pada konsentrasi 40% dan merupakan peningkatan terbesar yaitu sampai 8,5 juta cfu. Peningkatan jumlah juga terjadi pada level selanjutnya sebesar 6 jutaan cfu.

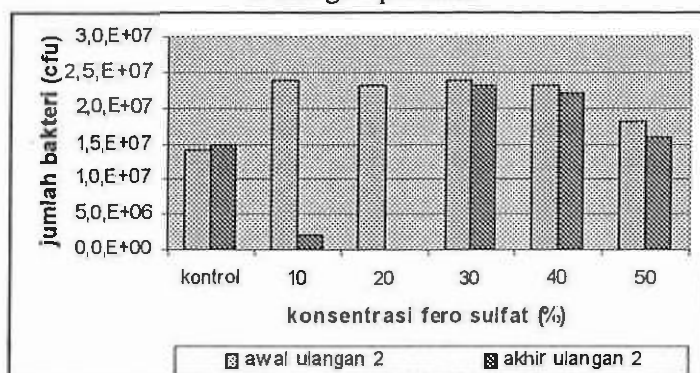
Gambar 4 menunjukkan pola respon VISET-1 terhadap pemberian koagulan fero sulfat pada beberapa konsentrasi. Pada kedua ulangan, penurunan jumlah bakteri pada dosis 10 dan 20% memperlihatkan besaran yang relatif sama yaitu 7 jutaan cfu pada ulangan pertama, yang juga merupakan penurunan terbesar dan 20 jutaan cfu pada ulangan berikutnya. Penurunan populasi terkecil pada kedua ulangan terjadi pada level berikutnya yaitu 600 ribu cfu pada ulangan pertama dan 900 ribu cfu pada ulangan kedua. Besar penurunan jumlah bakteri kembali sama pada konsentrasi 40% koagulan, sebanyak 1,5 juta cfu. Namun, ketika senyawa besi sulfur mencapai konsentrasi 50% pada ulangan pertama hanya terjadi penurunan sebesar 1,4 juta. Sementara itu, pada ulangan berikutnya penurunan sampai mendekati 3 juta cfu dan merupakan angka terbesar di antara konsentrasi lainnya.

Pola respon strain VISET-2 terhadap koagulan fero sulfat ditunjukkan oleh gambar 5. Pada ulangan pertama, pertambahan jumlah bakteri hanya terjadi ketika konsentrasi koagulan baru sebesar 10%. Besar pertambahan tersebut sekitar 5 juta cfu. Pada keempat konsentrasi berikutnya, tidak pernah lagi terlihat pertambahan jumlah bakteri tersebut. Berurutan dari konsentrasi 20 ke 50%, besar penurunan yang terjadi adalah 10, 20, 80, dan 2 jutaan cfu.

Pola serupa dimiliki oleh ulangan kedua. Ketika level fero sulfat masih berada pada 10, jumlah bakteri meningkat sampai 9 juta cfu. Selanjutnya terjadi penurunan terus-menerus pada level-level berikutnya. Rentang penurunan jumlah besarnya antara 5 – 27 jutaan cfu.

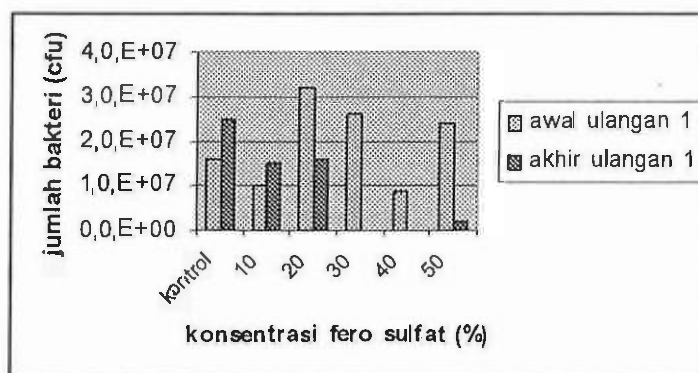


a. ulangan pertama

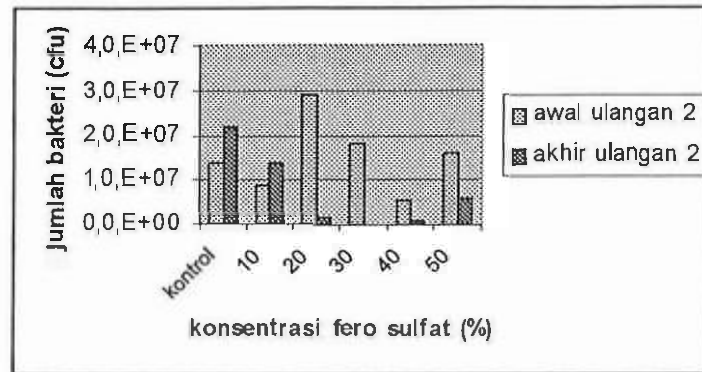


b. ulangan kedua

Gambar 4. Respon Strain VISET-1 terhadap Penambahan Koagulan fero Sulfat (FeSO_4)



a. ulangan pertama



b. ulangan kedua

Gambar 5. Respon Strain VISET-2 terhadap Penambahan Koagulan fero Sulfat (FeSO₄)

Dari kelima gambar di atas dapat dikatakan bahwa fero sulfat terbukti berpengaruh terhadap viabilitas isolat. Tabel 1 di bawah menggambarkan hubungan antara respon isolat terhadap koagulan tersebut dengan waktu generasi (g) strain. VISTX-1 dengan nilai g sebesar 9,7 jam memiliki pertambahan jumlah yang sangat besar setelah diberi fero sulfat. Sedangkan VISTX-2 yang memiliki g tercepat yaitu 6,5 jam pertumbuhannya cenderung sangat menurun. Respon yang sama juga dimiliki oleh VISET-1 yang mempunyai g senilai 7,6 jam. VISET-1 mengalami penurunan jumlah yang relatif sedikit dibandingkan dengan kedua strain sebelumnya. Waktu generasi strain tersebut sebesar 7,3 jam. Seperti telah disebutkan sebelumnya strain VISTX-3 dengan g sebesar 6,9 jam tidak memiliki respon yang berpola terhadap pemberian koagulan fero sulfat tersebut. Pola yang sama juga terjadi pada ulangan kedua.

Tabel 1. Hubungan antara Respon terhadap FeSO₄ dan Waktu Generasi Isolat (g)

Strain	VISTX-1	VISTX-2	VISTX-3	VISET-1	VISET-2
g (jam)	9,7	6,5	6,9	7,3	7,6
Respon	++	--	0	-	--

Ketr: ++ = sangat positif, -- = sangat negatif, - = agak negatif dan 0 = tidak merespon

Daya tahan strain VISTX-2 dan VISET-2 terhadap fero sulfat yang terlihat rendah mungkin dapat menjadi gambaran bahwa isolat tersebut tidak memiliki metalotionin. Sebagaimana telah disebutkan protein tersebut dapat mengikat logam berat di dalam sel. Dengan kata lain, metalotionin memungkinkan terjadinya detoksifikasi sel mikroorganisme dari logam bervalensi besar tersebut.

Strain yang mungkin memiliki protein tersebut adalah VISTX-1 dan VISTX-3. Strain terakhir tampak tidak memberi respon apapun. Pertumbuhannya tidak berpola terhadap variasi dosis koagulan. Sementara itu, isolat pertama bahkan tumbuh lebih baik setelah diberi fero sulfat.

Produksi protein yang kaya akan sistein tersebut, di dalam sel mikroorganisme juga mungkin terbatasi oleh kandungan sulfat dalam senyawa koagulan yang digunakan. Asam amino sistein diketahui memiliki gugus sulfur (S). Seperti kita ketahui bersama, beberapa bakteri filamen mampu membentuk butiran belerang di dalam selnya.

Mekanisme penggunaan fero sulfat seperti pada *T. ferrooxidans* mungkin dimiliki oleh strain VISTX-1. Namun, mekanisme yang sama tidak terdapat pada VISTX-3. Senyawa besi tersebut mungkin hanya diikat oleh metalotionin di dalam sel. Tetapi dapat juga terjadi, bahwa besi terdeposisi pada dinding sel strain tersebut.

Keadaan di atas dapat menjadi penjelasan mengenai alasan fero sulfat dapat mengatasi *bulking* pada IPAL PT. Unitex dan IPAB Situ Cibuntu. Strain yang tumbuh cepat, terhambat oleh koagulan tersebut. Sementara VISTX-1 berkompetisi mendapatkan substrat dengan VISTX-3. Isolat pertama memang dapat menggunakan FeSO_4 . Tetapi strain tersebut lambat mengganda. Sementara itu, sebagai isolat yang tidak merespon senyawa tersebut, VISTX-3 tumbuh lebih cepat. Demikian gambaran mengenai kompetisi yang mungkin terjadi.

Berkaitan dengan penggunaan bakteri filamen sebagai biokoagulan, VISET-1 mungkin dapat digunakan. Selain karena waktu generasinya relatif cepat, strain tersebut relatif tahan terhadap paparan fero sulfat, meski pada konsentrasi tertentu pertumbuhannya tampak jelas menurun.

Respon terhadap fero sulfat masih menjadi pertimbangan. Hal itu dimaksudkan jika bakteri filamen digunakan sebagai koagulan bersama senyawa besi tersebut organisme tersebut tidak mati. Fungsi sebagai pembentuk flok tentu saja hanya didapat bila bakteri tersebut hidup.

KESIMPULAN

Penyebab utama terjadinya masalah *bulking* adalah pertumbuhan bakteri filamen yang berlebih. Anggota lumpur aktif tersebut sebenarnya memiliki peran sebagai pembentuk rangka flok. Masalah tersebut dapat diatasi dengan penambahan koagulan fero sulfat pada tahap primer pengolahan limbah cair industri tekstil.

Penelitian ini menghasilkan lima strain, tiga di antaranya berasal dari IPAL PT. Unitex dan sisanya dari IPAB Situ Cibuntu. Strain yang berasal dari IPAL PT. Unitex masing-masing diberi nama VISTX-1, VISTX-2 dan VISTX-3. Sedangkan yang berasal dari IPAB Situ Cibuntu dinamakan VISET-1 dan VISET-2. Respon strain terhadap penambahan fero sulfat ada tiga macam yaitu positif, negatif dan tidak ada. Dikatakan respon positif jika terjadi penambahan jumlah bakteri setelah pemberian koagulan fero sulfat dan begitu pula sebaliknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah koloni hidup pada VISTX-1 meningkat artinya memberikan respon positif. Sementara itu, jumlah koloni hidup untuk strain VISTX-2, VISET-1 dan VISET-2 menurun setelah penambahan fero sulfat. Artinya ketiga strain tersebut memberikan respon negatif. Berbeda dengan strain VISTX-3 yang tidak memberikan pola pertumbuhan setelah diberi koagulan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Beauman, W.H., 2001, *Short Course : Water Purification and Treatment*, Everpure, Inc. [www.everpure.com/pdf/short course.pdf](http://www.everpure.com/pdf/short%20course.pdf)

- Beveridge, T.J. & R.G.E. Murray, 1980, *Site of Metal Deposition in the Cell Wall of Bacillus subtilis*, Journal of bacteriology, Vol. 141, No. 2. 876– 887 pp
- CEMB, 2005, *Environmental Biotechnology*,
www.cemb.edu.pk/FormatedFiles?Ach4.htm
- Gomez, J.M. & D. Cantero, 1998, *Modelling of Ferrous Sulphate Oxidation by Thiobacillus ferrooxidans in Discontinuous Culture: Influence of Temperature, pH and Agitation Rate*, Journal of fermentation and Bioengineering, Vol. 86, No. 1, 79–83 pp
- Hammer, M.J. & M.J. Hammer, Jr, 1996, *Water and Wastewater Technology*, 3rd ed., Prentice Hall Int., Inc., New Jersey
- Harahuc. L & Suzuki, 2001, *Sulfite Oxidation by Iron-Grown Cells of Thiobacillus ferrooxidans at pH 4 Possibly Involves Free Radicals, Iron, and Cytochrome Oxidase*, http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/cgi-bin/rp/rp2_abst_e?cjm_w01-024_47_ns_nf_cjm
- McKane. L. & J. Kandel, 1996, *Microbiology: essentials and Applications*, 2nd ed., McGraw- Hill, Inc., New York
- Mulder, E.G., J. Antheunisse & W.H.J. Crombach, 1971, *Microbial Aspects of Pollution in the Food and Dairy Industries*. In G. Sykes & F.A. Skinner (eds). *Microbial Aspects of Pollution*, academic Press, London
- Prescott, L.M., J.P. Harley & D.A. Klein, 1999, *Microbiology*, 4thed., WBC, McGraw-Hill, Boston
- Sulia, S.B. & S. Shantharam, 1998, *General Microbiology Science*, Publ., Inc.,Bangalore