

IIB EFEKTIFITAS BENTONIT SEBAGAI BAHAN BANTU KOAGULAN PADA TAHAP FLOKULASI DALAM PENGELOLAAN AIR BERSIH*

Penulis : Ignasius Dwi Atmana

A. ABSTRAK

Rendahnya tingkat kekeruhan air baku merupakan salah satu penyebab sulitnya terjadi flokulasi dari partikel-partikel koloid dengan koagulan seperti $Al_2(SO_4)_3$ (alum sulfat). Kondisi seperti ini sering dijumpai pada Perusahaan Air Minum (PAM) yang menggunakan bahan koagulan tersebut terutama pada musim kemarau dimana tingkat kekeruhan air baku kurang dari 15 NTU. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektifitas bentonit sebagai alternatif bahan bantu koagulan dalam tahap koagulasi-flokulasi pada sistem produksi air bersih. Penelitian dilakukan di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Bogor dengan instalasi Kedung Halang yang memiliki kapasitas produksi 70 liter/detik. Proses koagulasi dan flokulasi dilakukan dengan penambahan bahan bantu koagulan bentonit (dosis antara 0 s/d 100 ppm) dan alum sulfat (dosis antara 0 s/d 50 ppm) dalam alat Jar Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kisaran kekeruhan awal air baku 10 NTU, dengan konsentrasi alum sulfat 30 ppm, penambahan bentonit pada konsentrasi 20 ppm memberikan tingkat efisiensi flokulasi pada menit ke 5 sebesar 61.9 %. Sedangkan apabila konsentrasi bentonit dinaikkan menjadi 100 ppm, maka tingkat efisiensi flokulasi pada menit ke 5 adalah 81.6 %. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan partikel-partikel bentonit membantu terjadinya agregasi pertikel-partikel koloid dalam proses koagulasi-flokulasi. Adanya partikel-partikel dari bahan bantu koagulan bentonit akan meningkatkan frekuensi tumbukan yang memenuhi syarat untuk terjadinya koagulasi dan flokulasi.

Kata kunci : bahan bantu koagulan, efisiensi pengendapan, bentonit

B. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan vital bagi makhluk hidup diantaranya tumbuhan, hewan dan terutama manusia. Dengan semakin pesatnya pertambahan penduduk, akan berimplikasi langsung terhadap keperluan air yang semakin besar pula. Berdasarkan catatan statistik BPS, terlihat bahwa kebutuhan air cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Pada akhir Repelita VI jumlah penduduk di

* Makalah telah dipresentasikan dalam Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia V. Jakarta 2003

perkotaan diperkirakan mencapai 40.3% dari 30.9% pada tahun 1990. Pada tahun 1980 kebutuhan air domestik adalah $4899 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{thn}$ dan pada tahun 2000 meningkat menjadi $7285.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{thn}$ atau meningkat 32.7%. Pada tahun 1980 kebutuhan air industri $143.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{thn}$. Pada tahun 2000 kebutuhan air industri diperkirakan meningkat sebesar 70.1% menjadi $480.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{thn}$. Kondisi ini menuntut tersedianya air bersih yang semakin banyak, bukan saja diperlukan lebih banyak perusahaan air minum, tetapi juga mendorong ditemukannya teknologi alternatif yang lebih efisien untuk pengolahan airnya.

Sampai saat ini Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan lembaga yang mempunyai tanggung jawab bukan saja dalam penyediaaan air bersih, tetapi juga dalam pendistribusianya. Bahan baku air minum yang diolah PDAM biasanya berasal dari sungai. Masalah yang sering dialami dalam pengolahan air sungai sebagai bahan baku air minum adalah beban pencemaran, kualitas, dan kuantitas air sungai yang cenderung berubah, tergantung dari musim, dan keadaan alam.

Salah satu tahap penting dalam proses produksi air bersih adalah tahap flokulasi partikel koloid yang ada dalam air baku. Keberhasilan dalam tahap ini akan menentukan tingkat efisiensi dari sebuah instalasi proses produksi air bersih. Kegagalan dalam pembentukan agregat koloid menjadi flok akan mengakibatkan partikel-partikel koloid bebas menyumbat sistem filtrasi sehingga menurunkan efisiensi pada tahap penyaringan akhir.

Menurut BENEFIELD et al. (1982), koagulasi merupakan proses dua langkah meliputi destabilisasi partikel dan transport partikel untuk menaikkan tumbukan antara partikel yang terdestabilisasi. Destabilisasi ini disebabkan oleh penambahan koagulan yang tepat sedangkan kontak partikel dilakukan dengan pengadukan. Koagulasi terjadi bila partikel-partikel koloid yang telah ternetralkan mempunyai jarak yang cukup dekat sehingga gaya van der waals (gaya tarik menarik antar partikel) dapat mengalahkan gaya gerak partikel. Pengadukan pada suspensi menyebabkan partikel saling mendekat dan bergabung membentuk flok untuk kemudian terjadi pengendapan. (SURJA dkk didalam DULIMAN, 1998). Flok yang dihasilkan melalui mekanisme ini memiliki jonjot yang lebih kecil dan

padat dengan diameter ± 1 mm, berwarna abu-abu atau lebih coklat (ALAERTS dan SANTIKA, 1987).

Jika tingkat kekeruhan air cukup rendah, maka kemungkinan penggumpalan sulit atau tidak dapat terjadi. Karena konsentrasi koloid dan potensial tumbukan yang rendah maka destabilisasi hanya tercapai pada konsentrasi koagulan yang tinggi melalui mekanisme penjeratan endapan. Hasilnya berupa flok yang ringan, mudah pecah dan lambat karena flok yang terbentuk umumnya Al(OH)_3 . Pada beberapa kasus, perlu ditambahkan bahan bantu koagulan (*coagulant aids*) untuk memperberat flok dan memudahkan koagulasi.

Rendahnya tingkat kekeruhan air baku merupakan salah satu penyebab sulitnya terjadi flokulasi dari partikel-partikel koloid dengan koagulan seperti $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (alum sulfat). Kondisi seperti ini sering dijumpai pada Perusahaan Air Minum (PAM) yang menggunakan bahan koagulan tersebut terutama pada musim kemarau dimana tingkat kekeruhan air baku kurang dari 15 NTU. Hal ini mengakibatkan air hasil sedimentasi yang masuk ke filter untuk disaring masih mengandung flok ringan. Keadaan ini memperberat kerja filter karena lebih mudah tersumbat oleh flok sehingga filter harus lebih sering di cuci ulang (*back wash*).

Proses pencucian ulang membutuhkan air bersih dalam jumlah yang besar sehingga persediaan air bersih yang seharusnya didistribusikan kepada masyarakat berkurang karenanya. Secara ekonomis pun, proses *back wash* filter yang terlalu sering mengakibatkan biaya produksi yang dikeluarkan relatif lebih tinggi sehingga menimbulkan kerugian pada pihak PDAM sebagai penyedia air bersih.

Untuk meningkatkan keefektifan koagulasi terutama pada saat kekeruhan rendah, diperlukan bahan bantu koagulan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektifitas bentonit sebagai alternatif bahan bantu koagulan dalam tahap koagulasi-flokulasi pada sistem produksi air bersih.

C. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada instalasi pengolahan air bersih milik PDAM Kabupaten Bogor Cabang VII Kedunghalang. Kapasitas produksi terpasang adalah 70 liter per detik, dengan menggunakan 6 perangkat reaktor yang dipasang secara paralel. Air baku diambil langsung dari air sungai Ciliwung melalui pemompaan menerus. Adapun tahap pengolahannya terdiri atas :

- Tahap koagulasi/flokulasi : air baku yang masuk diberikan koagulan berupa alum sulfat
- Tahap sedimentasi : pemisahan secara grafitasi antara flok-flok yang terbentuk dengan air jernihnya.
- Tahap filtrasi : proses penyaringan cepat dari air yang keluar dari tahap sebelumnya.
- Tahap akhir : penampungan air bersih dengan penambahan desinfektan berupa tawas/kapurit, sebelum didistribusikan ke pelanggan.

Fokus dari penelitian ini adalah pada tahap koagulasi flokulasi dan tahap sedimentasi.

1. Alat

Peralatan yang digunakan selama penelitian ini antara lain : turbidimeter 2100, pH meter, piala gelas, alat jar tes, *stopwatch*, gelas ukur 100 mL dan 1000 mL, pipet 10 mL, ember, erlenmeyer 50 mL dan 250 mL, buret 50 mL, Spektrofotometer DR/2000, neraca analitik, labu kocok 500 mL, Conductivity/TDS meter.

2. Bahan

Adapun bahan-bahan pendukung penelitian adalah sebagai berikut : alum 1 %, bentonit, larutan EDTA 0,01 M, Indikator EBT, larutan H_2SO_4 4 N, larutan H_2SO_4 0,02 N, larutan $KMnO_4$ 0,01 N, larutan Asam Oksalat 0,01 N, indikator sindur metil, *Ferro Zine Iron Reagent*, *Nitrit Ver 3 Nitrit Reagent Powder Pillows*.

3. Metoda

Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahap yaitu tahap pendahuluan, tahap uji jar test dan tahap analisis kimia fisika.

a. Tahap pendahuluan

Tujuan tahap pendahuluan ini adalah memetakan masalah yang sering dialami di instalasi ini. Dilakukan pemeriksaan kekeruhan dan pH pada sampel air baku, air setelah sedimentasi dan air hasil filtrasi pada ke enam bak paket pengolahan selama kurang lebih satu bulan. Pengukuran kekeruhan secara intensif selama 36 jam dan 2 x 12 jam tambahan dengan interval pengambilan sampel 2 jam dilakukan pada bak paket pengolahan terpilih.

b. Tahap uji jar test

Tujuan dari tahap percobaan ini adalah mencari alternatif bahan bantu koagulan yang dapat meningkatkan efektifitas koagulasi pada proses pengolahan air terutama pada musim kemarau. Pada tahap ini, dilakukan uji coba dengan alat jar tes dengan beberapa perlakuan.

Adapun sampel air baku yang diuji adalah pada kekeruhan dengan kisaran 5 s/d 50 NTU, dengan mengkombinasikan pengaruh antara penambahan alum sulfat (10 – 50 ppm) dan bentonit (0 – 100 mg) pada beberapa konsentrasi yang berbeda.

c. Analisis Kimia Fisika

Pengukuran kualitas air meliputi pH, kekeruhan, padatan total terlarut (*Total Dissolve Solid*), daya hantar elektrik, kesadahan, alkalinitas, besi, nitrit, organik cara permanganat. Analisis kualitas air dilakukan di lapangan dan laboratorium. Alat, metoda dan lokasi pengukuran kualitas air disajikan pada tabel 1.

Tabel 1.: Metoda dan alat yang digunakan dalam analisis kualitas kimia dan fisika air.

No	Parameter	Metode	Lokasi
1	pH	pH meter	In situ
2	Kekeruhan	Turbidimetri / Turbidimeter	In situ
3	Padatan total terlarut (TDS)	Conductivity / TDS meter	In situ
4	Daya hantar elektik	Conductivity / TDS meter	In Situ
5	Alkalinitas	Titrimetri	Laboratorium
6	Kesadahan	Titrimetri	Laboratorium
7	Organik cara permanganat	Titrimetri	Laboratorium
8	Besi	Spektrofotometri / Spektrofotometer DR 2000	Laboratorium
9	Nitrit	Spektrofotometri / Spektrofotometer DR 2000	Laboratorium

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Operasional Instalasi

Jurnal harian pada instalasi Kedunghalang menunjukkan bahwa pada musim kemarau, kekeruhan air baku relatif dibawah 10 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Tingkat kekeruhan ini ternyata berpengaruh langsung terhadap frekuensi pencucian filter pada tahap flitrasi. Apabila turbiditas air baku rendah, frekuensi pencucian filter bisa mencapai 7 kali per hari. Sedangkan dalam kondisi dimana kekeruhan air baku berada diatas 10 NTU, terutama pada musim hujan, frekuensi pencucian hanya 2 sampai 3 kali per hari seperti ditunjukkan dalam tabel 1. Hal ini mengindikasikan bahwa proses koagulasi dan flokulasi pada tahap sebelumnya sangat menentukan efektifitas dan efisiensi instalasi secara keseluruhan.

Tabel 1: Jurnal harian tingkat kekeruhan air baku

Bulan	Tanggal	Tingkat kekeruhan air baku rata-rata (NTU)	Efisiensi Koagulasi (%)	Frekuensi Pencucian Filter/ Hari
Agustus	7	6.9	46	6
	10	8.5	49	6
	13	8.9	53	6
	16	21.8	84	3
September	10	15.2	86	3
	11	8.7	46	6
	12	9.8	44	6
Oktober	13	7	15	6
	20	5	-12	6
	24	5	16	6
	29	6	23	7
November	8	6.5	8	6
	16	12	71	3
	20	23	88	3
	24	19	85	2

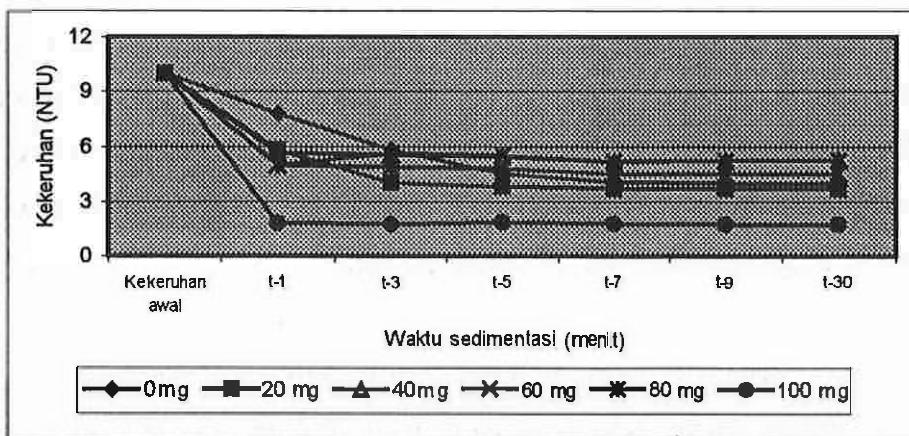
Dari tabel 1 juga dapat dilihat tingkat efisiensi koagulasi rata-rata, dimana nilai terendah terjadi pada tanggal 20 oktober 2002 dengan kekeruhan air baku 5 NTU, memberikan nilai efisiensi -12. Ini berarti bahwa proses koagulasi tidak berjalan sama sekali. Secara umum nilai efisiensi koagulasi akan cukup tinggi ($> 70\%$) apabila tingkat kekeruhan air bakunya di atas 10 NTU. Sedangkan apabila nilai kekeruhan air baku kurang dai 10 NTU, maka tingkat efisiensi koagulasi berada di kisaran 8 s/d 53 %. Hasil ini menunjukkan bahwa secara teknis di lapangan, bahan koagulan berupa alum sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) tidak efektif dalam kondisi air baku dengan tingkat kekeruhan rendah. Hasil pengkajian secara khusus dengan menggunakan jat test, yang dilakukan sebelumnya oleh SUTAPA (2003),

terhadap efektifitas alum sulfat sebagai koagulan mencatat bahwa penambahan dosis sampai 40 ppm tidak efektif untuk mengkoagulasi air baku dengan kekeruhan di bawah 10 NTU. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan kekeruhan yang tidak nyata, bahkan turbiditasnya cenderung meningkat. Namun demikian, dalam kondisi normal dimana tingkat kekeruhan air baku cukup, jumlah alum sulfat optimal yang diperlukan adalah sekitar 30 ppm.

2. Pengaruh Bentonit Terhadap Efektivitas Koagulasi

Secara umum, pada dosis alum 10 – 20 ppm, penambahan bentonit tidak membantu terjadinya koagulasi atau meningkatkan efektivitas koagulasi. Akan tetapi penambahan bentonit pada dosis alum 30 ppm cukup baik meningkatkan keefektifan koagulasi. Pada air baku dengan kekeruhan dibawah 10 NTU, penambahan bentonit pada dosis alum 30, 40 dan 50 ppm dapat mengubah bentuk flok yang tadinya berwarna putih menjadi coklat. Dalam hal ini pola penurunan kekeruhan sesuai dengan yang terjadi pada air dengan kekeruhan diatas 20 NTU : yaitu penurunan yang cukup nyata sejak menit pertama seperti ditunjukkan dalam gambar 1.

Sebagaimana telah dilaporkan sebelumnya, penambahan bentonit pada dosis alum 10 dan 20 ppm tidak membantu terjadinya koagulasi. Hal ini menunjukkan bahwa bentonit tidak memiliki kemampuan mengkoagulasi, dengan kata lain diperlukan dosis alum yang tepat untuk terjadinya proses koagulasi tersebut. Dalam hal ini, alum adalah koagulan utama (*prime coagulant*) sedangkan bentonit adalah bahan bantu koagulan (*coagulant aids*). Penambahan bentonit sebagai bahan bantu koagulan dapat menaikkan konsentrasi koloid, sehingga kemungkinan tumbukan molekul semakin besar yang memungkinkan terjadinya destabilisasi karena penetrasi muatan, dibandingkan karena mekanisme penjeratan endapan. Fungsi lain dari bentonit adalah, dapat memperberat flok sehingga lebih mudah turun dibandingkan flok yang terjadi dari $Al(OH)_3$ (BENEFIELD *et al.*, 1982).



Gambar 1. Pengaruh bentonit terhadap kekeruhan pada dosis alum 30 ppm untuk air baku dengan kekeruhan awal 10 NTU

Pada umumnya bak sedimentasi dibuat sedemikian rupa sehingga suspensi mempunyai waktu tinggal yang cukup untuk terjadinya pengendapan secara optimal. Secara teknis waktu tinggal tersebut bervariasi antara 3 s/d 7 menit tergantung kondisi di lapangan. Berdasarkan gambar 1, terlihat bahwa waktu optimal yang diperlukan untuk sedimentasi adalah 5 menit. Untuk selanjutnya, dalam perhitungan efisiensi koagulasi akan didasarkan pada waktu pengendapan optimal tersebut. Gambar 2 menunjukkan pola variasi perubahan kekeruhan air dengan penambahan bentonit antara 0 s/d 100 ppm pada konsentrasi alum 30 ppm.

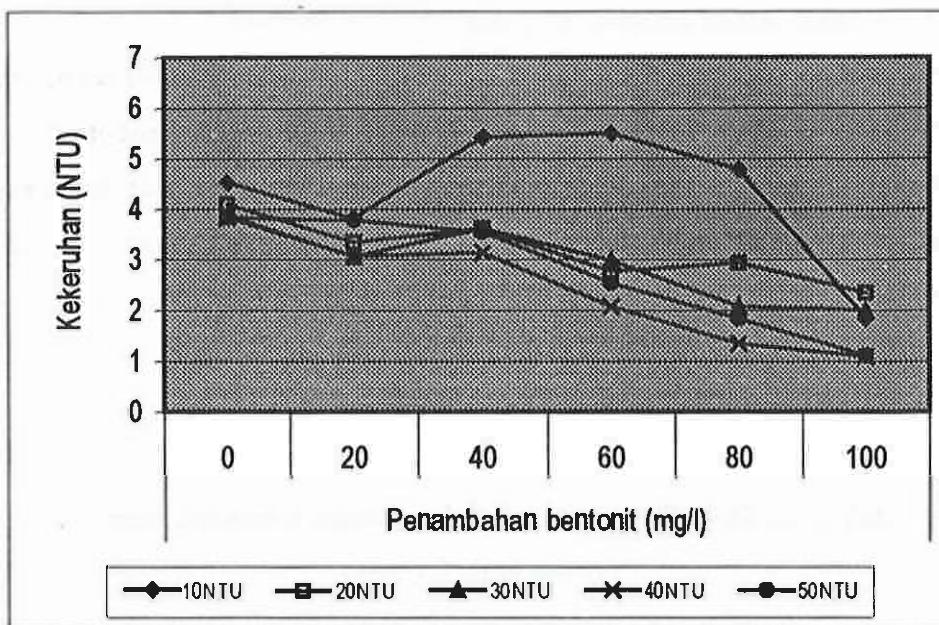
Pada air baku dengan kekeruhan 20 sampai 50 NTU, penambahan bentonit makin menurunkan kekeruhan. Hal ini disebabkan konsentrasi koloid yang lebih tinggi sehingga tanpa bentonit pun, kerja alum cukup memadai untuk terjadinya destabilisasi dan tumbukan antara partikel terdestabilisasi. Penambahan bentonit makin meningkatkan potensi tumbukan antara partikel terdestabilisasi, sehingga kekeruhan semakin turun sebanding dengan penambahan bentonit.

Pada air baku dengan kekeruhan awal dibawah 10 NTU, penambahan bentonit 20 mg/l dengan dosis alum 30 ppm dapat menurunkan kekeruhan sampai 62 %, tetapi penurunan kekeruhan sangat signifikan terjadi pada penambahan bentonit 100 mg/l yaitu 82 % (tabel 2). Sedangkan tanpa penambahan bentonit tingkat efisiensi hanya 55 %. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bentonit

akan meningkatkan konsentrasi koloid sehingga meningkatkan potensi tumbukan antara molekul terdestabilisasi. Bila dosis optimal bentonit belum tercapai, maka masih ada partikel bentonit dalam air yang akan menaikkan tingkat kekeruhannya. Pada dosis 100 ppm, penurunan kekeruhan sangat nyata, karena tumbukan antara partikel terdestabilisasi menyebabkan partikel koloid saling mendekat dan membentuk flok yang berat dan mudah turun pada saat sedimentasi. Rendahnya efektivitas koagulasi pada konsentrasi bentonit 40 – 80 ppm yang bervariasi antara 45 s/d 52 % kemungkinan disebabkan oleh adanya kompetisi antara partikel-partikel koloid yang saling berinteraksi.

Tabel 2. Efektifitas koagulasi pada berbagai konsentrasi bentonit (dosis alum 30 ppm).

Jumlah bentonit (mg/l)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan pada t = 5 menit (NTU)	Efektifitas (%)
0	10	4,5	55
20	10	3,8	62
40	10	5,4	46
60	10	5,5	45
80	10	4,8	52
100	10	1,8	82



Gambar 2. Pola varisi tingkat kekeruhan air pada penambahan bentonit
Pada $t = 5$ menit (dosis alum 30 ppm)

E. KESIMPULAN

Pada musim kemarau dimana tingkat curah hujan rendah, tingkat kekeruhan air sungai Ciliwung cukup rendah (< 10 NTU). Kualitas air sungai ini yang digunakan sebagai air baku oleh PDAM Kedung Halang Bogor, sangat mempengaruhi efektifitas instalasi pengolahan air bersihnya. Dengan menggunakan alum sulfat sebagai koagulan, tingkat efektifitas koagulasinya cukup rendah yaitu dibawah 50 % apabila kekeruhan awal air baku kurang dari 10 NTU. Kondisi ini mengakibatkan tingginya frekuensi pencucian (back wash) terhadap filter pada tahap penyaringan cepat sampai 7 kali per hari.

Penambahan bentonit sebagai bahan bantu koagulan dapat meningkatkan efisiensi sampai 62 % apabila konsentrasi yang diberikan 20 ppm. Bahkan akan mencapai 82 % jika jumlah bentonit yang diintroduksi sebanyak 100 ppm. Hal ini cukup menjanjikan karena dapat meningkatkan efisiensi instalasi pengolahan air bersih secara keseluruhan terutama di musim kemarau dimana tingkat kekeruhan air baku cukup rendah.

F. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada PDAM Kabupaten Bogor yang telah memberikan fasilitas selama penelitian berlangsung. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Rachel Koamesakh yang telah membantu pengambilan sampel dan analisanya.

G. DAFTAR PUSTAKA

Alaerts,G.A. dan S.S.Santika, (1987)." Metoda Penelitian Air. " *Penerbit Usaha Nasional*. Surabaya

Anonim, (2002)." Bentonit: Referensi bahan galian industri.",
[Http://www.pptm.dp.go.id/produk/2002/resbgi/bentonit.cfm](http://www.pptm.dp.go.id/produk/2002/resbgi/bentonit.cfm)

Benefield, L.D *et al*, (1982)." Process Chemistry for water and water treatment." *Prentice-Hall, Inc*. New Jersey

Duliman,I., (1998)." Pemanfaatan limbah padat logam alumunium sebagai bahan baku pembuatan PAC". *Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam* Universitas Indonesia

PDAM, (1999)." Tehnik Pengolahan Air dan Kontrol Operasi.", *Bagian Produksi. Perusahaan Daerah Air Minum* Kabupaten Bogor.

Rohm and Haas, (2002)." Water Terms, Water definitions, Water Glossary." *Morton International Inc*. [Http://www.systemsaver.com/website/glossary.html](http://www.systemsaver.com/website/glossary.html)

Sutapa I., (2003). "Studi efektivitas $Al_2(SO_4)_3$ sebagai bahan koagulan pada tahap flokulasi dalam proses produksi air bersih. " *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Kimia dan Proses*, UI, Jakarta

WHO, (1996). "Turbidity : Guidelines for drinking water quality." 2nd edition Vol 2. Geneva. World Health Organization.
[Http://www.who.int/water_sanitation-health.html](http://www.who.int/water_sanitation_health.html)