

TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR BERSIH

Ignasius Sutapa, Eka Prihatinningtyas

Abstrak

Penyediaan air bersih di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala yang kompleks, mulai dari kelembagaan, teknologi, anggaran, pencemaran maupun sikap dari masyarakat. Pengelolaan air bersih ini berpacu dengan pertumbuhan penduduk yang meningkat pesat serta perkembangan wilayah dan industri yang cepat. Krisis ekonomi di Indonesia yang sudah berlangsung sejak tahun 1997 juga ikut mengancam pasokan air bersih. Seretnya dana dan membengkaknya biaya operasional ternyata sangat berpengaruh terhadap kegiatan operasi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) sebagai pengelola air minum. Hal ini tentu saja akan menyulitkan PDAM untuk melakukan penelitian maupun pengembangan dalam rangka mengadaptasi teknologi baru yang sesuai untuk mengantisipasi perubahan kualitas maupun kuantitas air baku yang terus merosot akhir-akhir ini. Oleh karena itu setiap usaha yang dilakukan oleh pihak-pihak terkait termasuk Puslit Limnologi-LIPI, dalam penelitian maupun pengembangan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi air minum, termasuk aspek-aspek fundamental maupun teknis yang berhubungan, akan sangat bermanfaat dan disambut baik oleh pihak PDAM maupun masyarakat luas.

Kata Kunci : teknik pengolahan, air bersih, kualitas air

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ketergantungan manusia terhadap air semakin besar sejalan dengan bertambahnya penduduk. Berdasarkan laporan dari Media Transparansi (2003), saat ini pasokan air berkurang hampir sepertiganya dibandingkan dengan tahun 1970 ketika bumi baru dihuni 1.8 milyar penduduk. Para ahli meramalkan bahwa dunia yang diperkirakan berpenduduk 8.3 milyar pada tahun 2005 akan menghadapi kelangkaan air bersih. Inilah peringatan yang dihadapi manusia ketika memperingati "Hari Air Sedunia" pada tanggal 22 Maret tahun 2003 ini.

Penyediaan air bersih di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala yang kompleks, mulai dari kelembagaan, teknologi, anggaran, pencemaran maupun sikap dari masyarakat. Pengelolaan air bersih ini berpacu dengan pertumbuhan penduduk yang meningkat pesat serta perkembangan wilayah dan industri yang cepat. Data statistik BPS mencatat bahwa pada akhir Repelita VI, jumlah penduduk di 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 %. Sedangkan kebutuhan air industri pada tahun 1980 adalah sebesar $143.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{thn}$, dan diperkirakan meningkat sebesar 70.1% menjadi $480.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{thn}$ pada tahun 2000.

Apabila jumlah ketersediaan air primer rata-rata tahunan pada suatu provinsi dibagi dengan jumlah penduduk, maka penduduk kota Jakarta yang paling menderita kekurangan air, yaitu hanya $0.15 \text{ m}^3/\text{thn}$. Tingkat pemanfaatan sumber daya air di P. Jawa sudah mendekati ketersediaan air rata-rata tahunan tetapi melebihi ketersediaan

bulan kering sehingga pengembangan pemanfaatan lebih lanjut harus dengan sangat berhati-hati.

Krisis ekonomi di Indonesia yang sudah berlangsung sejak tahun 1997 juga ikut mengancam pasokan air bersih. Seretnya dana dan membengkaknya biaya operasional ternyata sangat berpengaruh terhadap kegiatan operasi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) sebagai pengelola air minum. Studi yang dilakukan oleh Bappenas dan Persatuan Perusahaan Air Minum (Perpamsi) pada November tahun 2002 menunjukkan bahwa 87 dari 303 PDAM di seluruh Indonesia berada dalam kondisi kritis. Hal ini tentu saja akan menyulitkan PDAM untuk melakukan penelitian maupun pengembangan dalam rangka mengadaptasi teknologi baru yang sesuai untuk mengantisipasi perubahan kualitas maupun kuantitas air baku yang terus merosot akhir-akhir ini.

Menurunnya kualitas maupun kuantitas air minum yang diproduksi oleh PDAM tentu saja akan berdampak luas terhadap masyarakat. Oleh karena itu setiap usaha yang dilakukan oleh pihak-pihak terkait termasuk Puslit Limnologi-LIPI, dalam penelitian maupun pengembangan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi air minum, termasuk aspek-aspek fundamental maupun teknis yang berhubungan, akan sangat bermanfaat dan disambut baik oleh pihak PDAM.

Perumusan masalah

Air sungai yang menjadi air baku utama yang diolah oleh PDAM menjadi air bersih, cenderung mengalami penurunan kualitas akibat tekanan beban pencemar yang semakin besar akhir-akhir ini. Hal tersebut tentu saja akan sangat berpengaruh bukan saja terhadap kualitas air produksi tetapi juga menimbulkan permasalahan efisiensi dari instalasi pengolahannya. Pada musim kemarau misalnya, di mana kuantitas (debit) air baku lebih sedikit, ternyata kualitas air bakunya juga kurang memenuhi syarat untuk diolah secara efisien. Hal ini terlihat dari sering timbulnya persoalan dalam tahap koagulasi/flokulasi, sedimentasi maupun tahap filtrasi. Meskipun pada musim kemarau, air terlihat lebih jernih dibandingkan musim hujan, namun air yang jernih relatif lebih sulit untuk di koagulasi dibanding air yang keruh. Hal ini mengakibatkan air hasil sedimentasi yang masuk ke filter untuk disaring masih mengandung flok ringan. Sedangkan di musim hujan, tingkat kekeruhan air baku cenderung sangat tinggi akibat terlalu banyaknya sedimen, yang menyebabkan gagalnya proses koagulasi dan flokulasi. 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. Secara ekonomis pun, proses *back wash* filter yang terlalu sering mengakibatkan biaya produksi yang dikeluarkan relatif lebih tinggi.

Dalam rangka meningkatkan efisiensi instalasi pengolahan air bersih, maka diperlukan kajian terhadap permasalahan-permasalahan potensial yang mungkin timbul dalam setiap tahap dari proses pengolahan air bersih yang terdiri atas : pengkondisian air baku, koagulasi/flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi. Studi ini akan lebih mudah dengan membuat instalasi pengolahan air bersih skala pilot, di mana beberapa parameter kunci dari tiap tahap tersebut dapat dikendalikan.

Tujuan dan sasaran

Pada tahun anggaran 2005, kegiatan difokuskan pada pembuatan prototype instalasi pengolahan air bersih (IPAB) dengan kapasitas 15 s/d 20 liter per menit. Instalasi pengolahan air bersih ini sudah dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Selain itu juga dilakukan identifikasi karakteristik kualitas air pada beberapa titik sampling meliputi air baku dari Situ Cibuntu, air yang keluar dari koagulator, air filtrasi dan air produksi.

Kegunaan

Di tahun ke III (tahun anggaran 2005) dari penelitian diharapkan akan menghasilkan :

- konsep dasar dan lanjutan dari teknologi pengolahan air bersih
- prototype awal instalasi pengolahan air bersih dengan kapasitas 15 s/d 20 liter per menit
- publikasi ilmiah yang berhubungan dengan permasalahan proses produksi air bersih

METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan penelitian ini maka akan dilakukan pendekatan dan metode sebagai berikut :

- Monitoring kualitas air baku yang berasal dari Situ Cibuntu
- Perancangan dan konstruksi *prototype* IPAB
- Uji coba melalui Jar Test, efektivitas koagulasi dan flokulasi dari alum sulfat sebagai koagulan.
- Uji coba proses sedimentasi dan filtrasi.
- Uji coba efektivitas klorin sebagai bahan disinfektan terhadap E. Coli, Coliform dan Streptococcus.
- Studi awal komparatif bakteri filamen sebagai bahan biokoagulan/bioflokulan.
- Uji coba awal efisiensi dan efektivitas IPAB.

HASIL YANG DICAPAI

Beberapa hasil penting yang telah dicapai dalam tahun anggaran 2005 ini di antaranya adalah sebagai berikut :

1. Prototype instalasi pengolahan air bersih untuk kapasitas 20 liter/menit.
2. Kajian kinerja instalasi pengolahan air bersih dengan air baku dari Situ Cibuntu, Cibinong.
3. Efisiensi instalasi pengolahan air bersih dengan air baku dari Situ Cibuntu, Cibinong.
4. Kajian mengenai pengaruh penambahan koagulan fero sulfat terhadap viabilitas isolat bakteri di instalasi pengolahan air minum.

Prototype instalasi pengolahan air bersih disampaikan dalam paragraf berikut, sedangkan tiga materi yang lain (2, 3 dan 4) tersebut di atas disampaikan dalam tulisan yang terpisah.

Prototype Instalasi Pengolahan Air Bersih

Kriteria

Kriteria perencanaan merupakan konsep dasar rencana pengembangan sarana dan prasarana air bersih yang diusulkan. Kriteria perencanaan yang digunakan adalah berdasarkan acuan kriteria yang digunakan oleh Departemen Kimpraswil, mempertimbangkan spesifikasi setiap daerah perencanaan, maka terhadap beberapa kriteria akan dilakukan penyesuaian sehingga perencanaan yang dibuat mampu mengantisipasi masalah yang mungkin timbul di daerah perencanaan.

Kriteria yang digunakan dalam perhitungan pembangunan prasarana air bersih di kabupaten Bogor adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan rata-rata adalah rata-rata keseluruhan air yang digunakan untuk seluruh pelanggan dan kehilangan air. Kebutuhan rata-rata per orang per hari untuk kota kecamatan di wilayah kabupaten adalah 110 liter, dan tingkat kehilangan air diperkirakan 20 %.
2. Kapasitas instalasi didasarkan pada pemakaian air pada hari maksimum yang ditetapkan sebesar 105 % dari pemakaian rata-rata.
3. Kapasitas pipa transmisi dan distribusi didasarkan pada pemakaian air pada jam puncak hari maksimum yang ditetapkan sebesar 150 % dari pemakaian rata-rata.
4. Kebutuhan air baku ditetapkan sebesar 110 % dari kebutuhan air produksi.
5. Tekanan maksimum dalam pipa direncanakan sebesar 8,0 atm, sedangkan tekanan minimal pada jaringan distribusi direncanakan sebesar 1,0 atm.
6. Kecepatan pengaliran dalam pipa :
 - Pipa transmisi: 0,2–2,50 m/det.
 - Pipa distribusi : 0,3–2,0 m/det.
7. Perhitungan jaringan dilakukan dengan metode *Hardy Cross*, dengan factor kekasaran pipa (koefisien *Hazen William*) sebesar 110 untuk pipa PVC.
8. Pelayanan dilakukan selama 24 jam.

Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan kebutuhan air bersih di suatu daerah didasarkan pada kebutuhan kondisi aktual. Sebagai contoh suatu komunitas layanan memiliki jumlah penduduk sebesar 6000 jiwa. Dengan asumsi kebutuhan rata-rata per orang per hari 110 liter, tingkat kehilangan air 20 % dan faktor hari maksimal 105 %, maka kebutuhan air untuk seluruh masyarakat di komunitas layanan tersebut adalah = $6.000 \times 110 \times 1,05 / (0,8 \times 3600 \times 24) = 10$ liter/det.

Dengan target cakupan pelayanan 50 %, maka kapasitas Instalasi Pengolahan Air yang diperlukan 5 liter/detik. Dengan asumsi jumlah orang per keluarga adalah 5 orang, maka terdapat 600 sambungan layanan.

Lahan

Lahan yang diperlukan untuk membangun sarana dan prasarana pengolahan air bersih dengan kapasitas 20 liter/menit adalah sekitar 200 m². Lahan tersebut akan dipergunakan untuk membangun fasilitas-fasilitas seperti intake, bak prasedimentasi (jika diperlukan), instalasi pengolahan air, reservoir, rumah pompa, ruang pelarutan bahan kimia, dan bangunan operasional.

Sumber Air Baku

Sumber air baku yang potensial di lokasi penelitian berupa air permukaan dari situ Cibuntu Cibinong. Hal yang perlu diperhatikan adalah kapasitas dan kontinuitas aliran airnya apakah cukup baik dan dapat diandalkan sebagai air baku dalam penyediaan air bersih. Demikian juga dari segi kualitasnya apakah memenuhi syarat atau tidak. Bagaimana pengaruh musim terhadap tingkat kekeruhan.

Sistem Pengolahan Air Bersih

Mengingat sumber air yang potensial untuk dipergunakan sebagai air baku dalam penyediaan air bersih, yang kualitasnya belum memenuhi syarat air bersih seperti : memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi, dan masih terdapat banyak padatan terlarut, padatan tersuspensi dan parameter-parameter lain yang belum memenuhi syarat, maka diperlukan unit pengolahan air dengan system pengolahan lengkap.

IPAB ini di samping berfungsi sebagai sarana penelitian, juga memproduksi air bersih yang langsung dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari sebagaimana layaknya air yang berasal dari PDAM. Unit pengolahan air yang dipakai akan mengolah air baku dari situ Cibuntu menjadi air bersih yang layak dan sesuai standar kualitas air minum yang dikeluarkan oleh Menteri Kesehatan RI No. 907 Tahun 2002.

Unit pengolahan air yang diperlukan terdiri atas :

- Bangunan Penangkap Air Baku yang merupakan tempat pengambilan/penyedotan air baku dari situ Cibuntu. Bangunan ini terletak di tepian situ, terbuat dari konstruksi batako cor semen kering, yang dilengkapi *screen* kasar (saringan kasar) yang berfungsi menyaring partikel-partikel kasar seperti kayu dan sampah yang ada di situ Cibuntu, dan *screen* halus (saringan halus) yang berfungsi menyaring partikel-partikel halus yang ada di dalam air situ. Bangunan intake dilengkapi dengan pompa air baku yang berfungsi menyedot air situ untuk dibawa menuju ke unit pengolahan air selanjutnya.
- Unit Pengolahan Air Bersih yang memiliki kapasitas produksi 20 liter/menit ($1.2 \text{ m}^3/\text{jam}$) yang terdiri atas :
 - o Unit Pengaduk Cepat (*koagulator*), berfungsi sebagai alat untuk mencampur bahan koagulan dengan air baku. Bahan koagulan berfungsi sebagai pengikat partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air baku untuk menjadi gumpalan-gumpalan yang akan menjadi flok-flok yang dapat mengendap. Bahan koagulan yang biasa dipakai adalah *Aluminium Sulfat* (tawas) atau *Poly Aluminium Clorida (PAC)*. Sistem pengadukan dilakukan secara hidrolis dengan water jumping sehingga menghemat biaya operasional.
 - o Unit Pengaduk Lambat (*flokulator*), berfungsi untuk membentuk flok-flok yang cukup besar dari hasil proses koagulasi, sehingga flok-flok tersebut akan dapat diendapkan. Sistem flokulasi yang dipakai menggunakan *up-down baffle channel* yang mudah dalam operasional dan hemat biaya karena tanpa menggunakan energi listrik
 - o Unit sedimentasi, merupakan tempat pengendapan flok-flok yang terbentuk pada proses flokulasi. Di dalam unit pengolahan ini hampir seluruh flok-flok akan diendapkan, sehingga air yang keluar telah

- jernih dan memiliki tingkat kekeruhan yang rendah. Hanya partikel-partikel halus yang tidak bisa mengendap yang lolos. Unit sedimentasi dilengkapi dengan *tube settler*, pipa pengarah aliran, ruang penampungan lumpur dan pipa penguras lumpur.
- Unit Filtrasi, merupakan tempat untuk menyaring partikel-partikel halus yang lolos dan tidak dapat mengendap. Unit filtrasi merupakan saringan pasir cepat yang terdiri dari lapisan pasir silika dan pasir *antracyt* dengan diameter 0.6 – 2 mm. Unit filtrasi dilengkapi dengan perangkat *back wash* yang digunakan untuk mencuci filter apabila telah mampat.
 - Unit Netralisasi, berfungsi untuk menetralkan tingkat keasaman air akibat pembubuhan bahan koagulan apabila diperlukan. Bahan kimia yang dipakai biasanya adalah *soda ash*.
 - Unit Desinfeksi, berfungsi untuk membunuh bakteri-bakteri pathogen yang ada di dalam air, sehingga air yang telah melalui proses ini akan steril dan terbebas dari bakteri penyebab penyakit. Proses desinfeksi dilakukan dengan pembubuhan *Calcium hipochlorit* (Kaporit) atau gas klor (Cl_2).
- Reservoir berfungsi sebagai *buffer*, penyangga air yang diproduksi untuk mengantisipasi pemakaian yang fluktuatif. Bangunan reservoir terbuat dari konstruksi beton bertulang, yang dilengkapi dengan pipa *inlet*, pipa *outlet*, pipa penguras dan pipa *over flow*.

Tabel 1. Spesifikasi teknis instalasi pengolahan air bersih

Unit	Bentuk	Dimensi (cm)	Aesoris	Kondisi
Penangkap Air	Kotak Persegi	100x50x250	Sekat tengah, pompa	Operasional
Koagulator	Silinder	D= 20 cm, t= 30 cm	Keran dosing koagulan	Operasional tanpa koagulan
Flokulator	Kotak Persegi	60x40x100	Sekat & modul kerucut	Operasional
Bak Sedimentasi	Jajaran Genjang	120x40x100	Modul sarang tawon	Operasional
Filter	Silinder	D = 50cm, t= 300 cm	Talang, karbon aktif, pasir silika dan strainer	Operasional
Netralisasi/Desinfeksi	Kotak Persegi	Volume = 15 liter	Keran dosing	Belum operasional
Reservoir bawah	Kubus	100x100x100	Pompa	Operasional
Reservoir atas	Silinder	Volume = 1200 l	Keran back wash	Operasional

Kegiatan Seminar dan Publikasi Ilmiah

Selama Tahun anggaran 2005 ini telah dapat dipublikasikan 3 (tiga) judul makalah dan telah dipresentasikan dalam forum Seminar Nasional. Ketiga judul makalah tersebut beserta forum seminarnya ditampilkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Daftar kegiatan seminar dan publikasi ilmiah Tahun 2005

No.	Judul	Seminar	Publikasi
1	Kajian Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih dengan Air Baku dari Situ Cibuntu - Cibuntu <i>Ignasius Sutapa, Eka Prihatinmingtyas & Tri Yuli Setyaningsih</i>	Seminar Nasional Teknologi dan Proses Kimia, Maret 2005, Jakarta	Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Proses Kimia 2005
2	Efisiensi Instalasi Pengolahan Air Bersih dengan Air Baku dari Situ Cibuntu - Cibirong <i>Ignasius D.A. Sutapa, Eka Prihatinmingtyas & Tri Yuli Setyaningsih</i>	Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III, September 2005, Surabaya	Prosiding Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III, 2005
3	Pengaruh Penambahan Koagulan Fero Sulfat terhadap Viabilitas Respon Isolat Bakteri di Instalasi Pengolahan Air Minum dan Limbah Cair <i>Ignasius Sutapa, Eka Prihatinmingtyas & Valentinus Maria NRR</i>	Seminar Teknik Kimia Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia, Desember 2005, Pekanbaru	Prosiding Seminar Teknik Kimia Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia 2005

Rencana Kegiatan Tahun 2006

Rencana selanjutnya dari kegiatan penelitian ini diharapkan akan menghasilkan :

- Konsep lanjutan dari teknologi penyediaan air bersih
- Penyelesaian Prototype instalasi pengolahan air bersih dengan kapasitas 20 liter per menit
- Kajian uji coba instalasi.
- Publikasi ilmiah yang berhubungan dengan permasalahan proses produksi air bersih