Majalah Bulanan

Rp 15.000,-

Persatuan
Perusahaan Air Minum
Seluruh Indonesia

air minum

edisi 161 Februari 2009

ISSN 0126-2785

Profil PDAM Tirta Sukapura
Kabupaten Tasikmalaya

PILOT PROJECT 10 JUTA SR
TANTANGAN SEKALIGUS PELUANG

Adsorpsi Karbon Aktif

oleh **Gede H. Cahyana**

Pemerhati Lingkungan

<http://gedehace.blogspot.com>

Sungguh beruntung PDAM yang berada di Pulau Jawa dibandingkan dengan yang di Kalimantan dan Sumatera. Secara kualitas fisika, sumber air PDAM di Jawa lebih banyak mengandung padatan tersuspensi dan koloid yang relatif mudah diolah dengan teknologi koagulasi, flokulasi.

Lain halnya di Kalimantan, airnya mengandung gambut yang sulit diolah lantaran kaya asam-asam humat. Banyak warga setempat terutama di desa dan pedalaman yang terpaksa minum air berwarna karena belum dipasok oleh PDAM juga belum ada bantuan pemerintah dalam penyediaan air minum. Air di daerah rawa ini logikanya tidak bisa dimanfaatkan secara langsung sebelum diolah kecuali terpaksa karena tiada lagi alternatif sumber air lainnya.

Warna Air

Air yang ada di rawa-rawa biasanya berwarna sehingga tidak layak dimanfaatkan secara langsung sebelum diolah untuk keperluan domestik dan industri. Penyebab warnanya adalah pelapukan (dekomposisi) zat organik seperti daun, kayu, binatang mati dan lain-lain. Asam humat yang berasal dari dekomposisi lignin inilah penyebab warna air, selain besi dalam wujud *ferric humat*. Secara umum dapat dikatakan, penyebab warna air ialah kation Ca, Mg, Fe, Mn. Oksida besi ini menyebabkan air berwarna kemerahan, oksida mangan menyebabkan air berwarna coklat kehitaman.

Berkaitan dengan warna tersebut, jenisnya dapat dibedakan menjadi dua. Yang pertama disebut warna asli (*true color*), disebabkan oleh materi organik berukuran koloid dan terlarut (*dissolved solid*). Contohnya air gambut. Dari hasil penelitian diketahui bahwa warna air

gambut di Kalimantan, Sumatra, dan Sulawesi dapat dihilangkan dengan kombinasi koagulan alum sulfat, besi sulfat (ion *trivalent*) atau PAC dengan tanah liat setempat. Yang kedua ialah warna palsu (*apparent color*). Jenis ini disebabkan oleh zat tersuspensi dan zat terendapkan (*coarse solid*, partikel kasar) dan dapat dihilangkan dengan proses sentrifugasi, sedimentasi dan filtrasi.

Secara alamiah air permukaan selalu kelihatan berwarna walaupun sebenarnya tidak berwarna. Pada saat hujan misalnya, sungai kelihatan berwarna coklat kemerahan karena mengandung suspensi lempung (*red clay*). Warna air permukaan juga dapat disebabkan oleh air limbah industri seperti pada proses *dyeing* di pabrik tekstil dan *pulping* di pabrik kertas, pertambangan/*mining*, *refining*/kilang minyak, industri makanan-minuman dan kimia. *Dye wastes* atau *dye stuff* adalah penyebab warna yang sangat tinggi. Bubur kayu (*pulping wood*) juga menghasilkan turunan (*derivative*) lignin yang tahan terhadap pengolahan biologi (*biological treatment* seperti *activated sludge*).

Air yang berwarna karena pembusukan zat organik di rawa tidaklah beracun atau tidak berbahaya. Dampaknya hanya pada estetika yang tidak bisa diterima oleh masyarakat karena mereka lebih menyukai air yang tidak berwarna (*colorless, non-colored water*). Warna alami air ini kuning-kecoklatan (*yellow-brownish*) seperti air seni (*urine*) sehingga tidak disukai oleh

pelanggan PDAM. Yang patut dikhawatirkan, karena PDAM menggunakan kaporit sebagai desinfektan maka ada potensi pembentukan senyawa CHCl_3 atau *chloroform* atau *trihalomethane* penyebab kanker (*carcinogenic*).

Mekanisme Adsorpsi

Adsorpsi ialah pengumpulan zat terlarut di permukaan media dan merupakan jenis adhesi yang terjadi pada zat padat atau zat cair yang kontak dengan zat lainnya. Proses ini menghasilkan akumulasi konsentrasi zat tertentu di permukaan media setelah terjadi kontak antarmuka atau bidang batas (*paras, interface*) cairan dengan cairan, cairan dengan gas atau cairan dengan padatan dalam waktu tertentu. Contohnya antara lain dehumidifikasi, yaitu pengeringan udara dengan *desiccant* (penyerap), pemisahan zat yang tidak diinginkan dari udara atau air menggunakan karbon aktif, *ion exchanger* untuk zat terlarut di dalam larutan dengan ion dari media *exchanger*. Artinya, pengolahan air minum dengan karbon aktif hanyalah salah satu dari terapan adsorpsi.

Atas dasar fenomena kejadiannya, adsorpsi juga dibedakan menjadi tiga macam. Yang pertama disebut *chemisorption*, terjadi karena ikatan kimia (*chemical bonding*) antara molekul zat terlarut (*solute*) dengan molekul adsorban. Adsorpsi ini bersifat sangat eksotermis dan tidak dapat berbalik (*irreversible*). Yang kedua, adsorpsi fisika (*physical adsorption*, terjadi karena gaya tarik molekul oleh gaya *van der Waals* dan yang ketiga disebut *ion exchange* (pertukaran ion), terjadi karena gaya elektrostatis.

Bagaimana terjadinya fenomena adsorpsi itu? Ahli pengolahan air membagi adsorpsi menjadi tiga langkah, yaitu (1) makrotransport: perpindahan zat pencemar, disebut juga adsorbat (zat yang diadsorpsi), di dalam air menuju permukaan adsorban; (2) mikrotransport: perpindahan adsorbat menuju pori-pori di dalam adsorban; (3) sorpsi: pelekatan zat adsorbat ke dinding pori-pori atau jaringan pembuluh kapiler mikroskopis.

Ada sejumlah hal yang mempengaruhi efektivitas adsorpsi, yaitu: (1) jenis adsorban, apakah berupa arang batok, batubara (antrasit), sekam, dll; (2) temperatur lingkungan (udara, air, cairan): proses adsorpsi makin baik jika temperaturnya makin rendah; (3) jenis adsorbat, bergantung pada bangun molekul zat, kelarutan zat (makin mudah larut, makin sulit diadsorpsi), taraf ionisasi (zat organik yang tidak terionisasi lebih mudah diadsorpsi). Berdasarkan jenis adsorbatnya, tingkat adsorpsi digolongkan menjadi tiga, yaitu lemah (*weak*), terjadi pada zat anorganik kecuali golongan halogen (salah satunya adalah klor). Adsorpsi menengah (*medium*), terjadi pada zat organik alifatik dan adsorpsi kuat (*strong*) terjadi pada senyawa aromatik (zat organik yang berbau (aroma) dengan struktur benzena, C_6H_6).

Karbon Aktif

Salah satu adsorban yang biasa diterapkan dalam pengolahan air minum (juga air limbah) adalah karbon aktif atau arang aktif. Arang ini digunakan untuk menghilangkan bau, warna, dan rasa air termasuk ion-ion logam berat. Karena merupakan fenomena permukaan maka semakin luas permukaannya kontak makin tinggilah efisiensi pengolahannya. Syarat ini dapat dipenuhi oleh arang yang sudah diaktifkan sehingga menjadi porus dan kaya saluran kapiler. Yang belum aktif, ruang kapilernya masih ditutupi oleh pengotor berupa zat organik dan anorganik.

Bagaimana proses pembuatannya? Tahap pertama, buatlah arang dari misalnya dari tempurung kelapa (arang batok, *Cocos nucifera*), kayu, batubara, merang, sekam, atau serbuk gergaji. Arang ini kemudian diaktifkan dengan cara pemanasan pada kondisi sedikit oksigen agar hidrokarbonnya lepas. Hasilnya berupa arang yang sangat porus sehingga luas permukaannya besar. Setelah itu barulah digunakan untuk mengolah air minum atau air buangan, misalnya memisahkan pencemar organik dan inorganik seperti air raksa, krom, atau untuk deklorinasi (pengurangan klor di dalam air).

Relatif mudah membuat filter arang aktif ini. Penjual filter skala rumah tangga di kota

Variasi Teknologi Karbon Aktif Butir.

dan desa sudah biasa membuatnya bahkan tanpa berlatar pendidikan teknik. Hanya perlu keterampilan dan tahu sedikit tentang fungsi arang aktif dan kapan harus diganti. Bahkan penjual filter ini bisa memiliki pelanggan setia untuk reparasi dan perawatan filter yang dibeli oleh warga. Selain menggunakan arang butir (*granular*) berdiameter 0,3 - 0,5 mm atau 1 - 2 mm, arang bubuk, serbuk atau tepung (*powder*) pun dapat diterapkan.

Variasi Teknologi

Teknologi sederhana dalam penerapan arang aktif dengan cara pembubuhan. Arang bubuk dimasukkan ke dalam air yang diolah setelah dibuatkan suspensinya. Proses adsorpsi terjadi cepat apabila zat yang diadsorpsi berada di dekat arang aktif. Hal ini dapat dilakukan dengan cara memperkecil diameter karbon, menjadi 50 mikron lalu diaduk. Apabila pengolahan airnya menggunakan *slow sand filter* (SSF), pembubuhan arang dilakukan sebelum unit filter. Menurut Nur Muhammad et.al, SSF efektif untuk menghilangkan logam berat (*heavy metal*) (*International Conference on Water Supply and Sanitation*, Durban, South Africa, 1997). Jika ada proses koagulasi - flokulasi, pembubuhan dilakukan sesudah koagulator agar serbuk arangnya bersatu dengan flok di dalam flokulator kemudian diendapkan di sedimentor.

Lain halnya pada unit filter arang butir (*granular activated carbon*). Unit ini berupa filter berbentuk kolom dengan

variannya seperti pada Gambar 1. Penjelasan sbb: (1) media statis tunggal (*single fixed bed*); media arang dipasang dalam bentuk satu tabung saja. Cara ini rendah efisiensi. (2) media statis seri (*fixed bed in series*); efisiensi sudah meningkat. Makin banyak unit yang dipasang makin besarlah efisiensi. (3) media dinamis (*moving, pulse, fluidized, dispersed bed*); arang bergerak dinamis di seluruh bagian kolomnya sehingga adsorpsinya besar. (4) media statis paralel (*fixed bed in parallel*); cara ini ditempuh untuk menghasilkan debit yang besar dalam tempo singkat. Kualitas air olahannya tak jauh beda dengan media statis tunggal. (5) media ekspansi (*upflow expanded bed*); disusun secara seri dengan aliran ke atas dan waktu operasinya lebih lama.

Masalah utama yang muncul pada varian filter karbon aktif statis tersebut ialah sumbatan (*clogging*) akibat suspensi yang ada di dalam air. Untuk menanggulangnya biasanya unit ini dilengkapi dengan pencuci permukaan media (*surface washer*) dengan air dan udara. Namun tipe *expanded* dan *fluidized bed*, yaitu aliran dari bawah ke atas bisa mencegah potensi penyumbatan dengan pengaturan kecepatan aliran airnya. Variasi lainnya dengan mode operasi yang berbeda dapat saja bermunculan seiring dengan penelitian terbaru di bidang teknologi adsorpsi ini.