

PROSES PEMURNIAN AIR MINUM
SISTEM MAJU: KOMBINASI OZONASI
DAN PENYERAPAN DENGAN KARBON
AKTIF

Hendig Winarno dan Ermin Katrin W.

PROSES PEMURNIAN AIR MINUM SISTEM MAJU : KOMBINASI OZONASI DAN PENYERAPAN DENGAN KARBON AKTIF

Hendig Winarno dan Ermin Katrin W.

Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

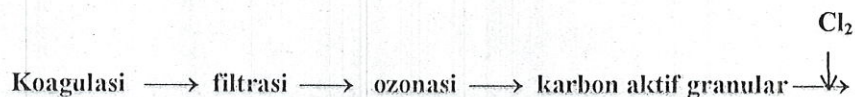
ABSTRAK

Sampai saat ini, masalah pemurnian air minum selalu dibebani dengan keberadaan bahan pencemar dalam bahan bakunya. Berbagai cara telah dilakukan untuk memproses bahan baku air menjadi air yang bersih dan memenuhi baku mutu air minum, akan tetapi setiap metode tidak selalu dapat digunakan secara general, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Tulisan ini membahas proses pemurnian air sistem maju, yaitu kombinasi pemurnian air dengan cara ozonasi dan penggunaan karbon aktif. Beberapa contoh aplikasi metode yang dilakukan di beberapa Fasilitas Pengolahan Air di negara Jepang juga dikemukakan dalam tulisan ini.

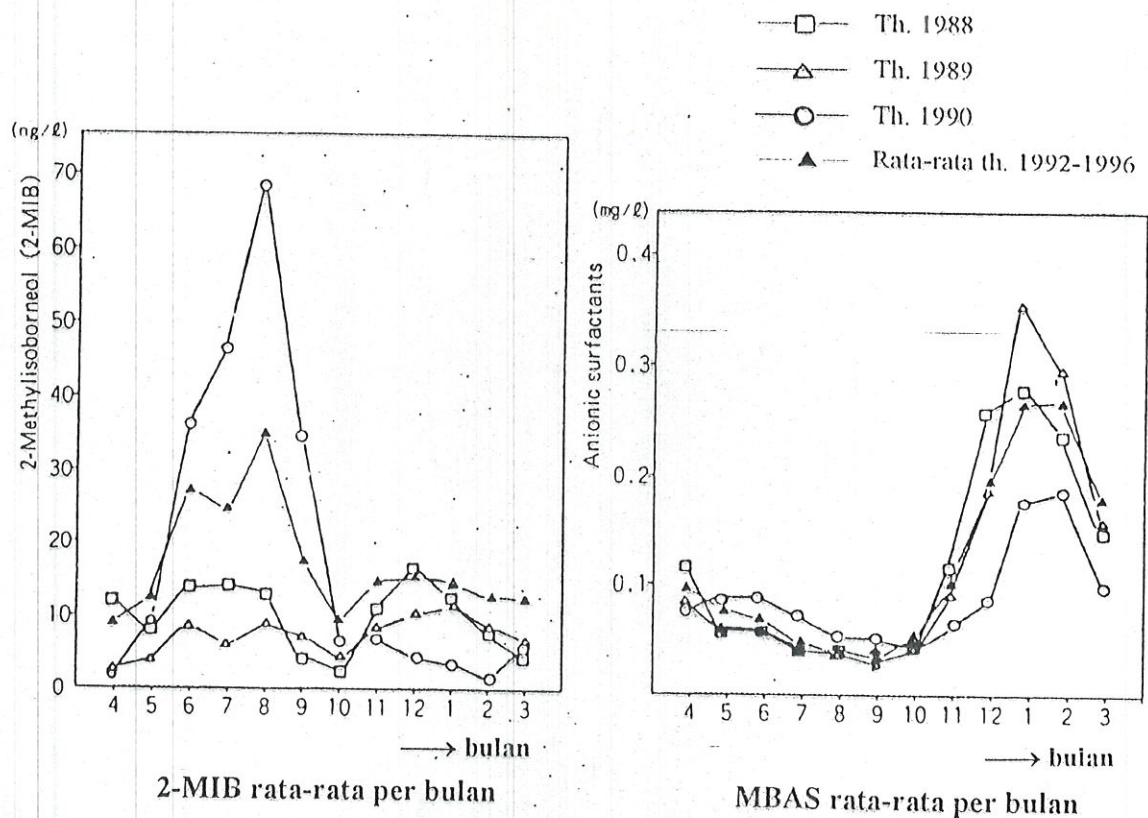
PENDAHULUAN

Eutrofikasi (*eutrophication*) menyebabkan sumber air menjadi bau dan terasa tidak enak. Selain itu bahan kimia berbahaya yang terdapat dalam air minum seperti bahan kimia pertanian dan trihalometan hasil proses klorinasi akan menjadi masalah yang besar bagi penyediaan bahan baku air minum. Untuk mengatasi masalah ini perlu dikembangkan teknik pemurnian air seperti penyerapan dengan karbon aktif, ozonasi dan pengolahan secara biologi yang bertujuan untuk menyisihkan warna, senyawa penyebab bau, senyawa prekursor trihalometan, surfaktan anionik metilbenzenalkilsulfonat (deterjen sintetis), dan senyawa lainnya yang tidak dapat diproses dengan cara koagulasi konvensional, sedimentasi, atau penyaringan dengan pasir.

Salah satu negara yang telah mengembangkan proses pemurnian air dengan sistem maju (*advanced system*) adalah Jepang dengan mengkombinasikan sistem ozonasi dan penyerapan karbon aktif. Secara umum tahapan proses keseluruhan adalah sebagai berikut:



Ada kalanya filtrasi dilakukan pada tahap terakhir seperti di Fasilitas Pemurnian Air (FPA) Kanamachi (*Kanamachi Purification Plant*) - Tokyo, sedangkan di FPA Kunishima (*Kunishima Purification Plant*) - Osaka, ozonasi dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu sebelum dan sesudah filtrasi.

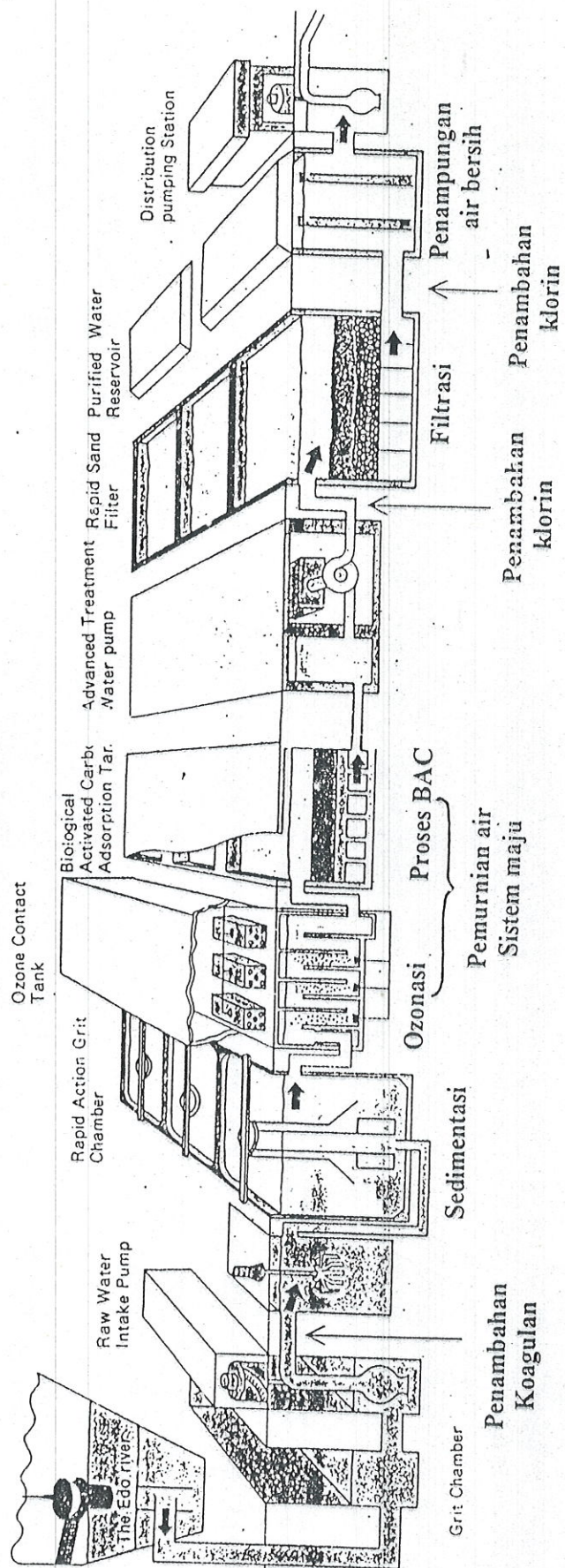


Gambar 1. Kadar 2-metilisoborneol dan metilbenzenalkilsulfonat dalam air sungai Edo rata-rata bulan dari tahun 1988 - 1990 dan rata-rata tahun 1992 - 1996

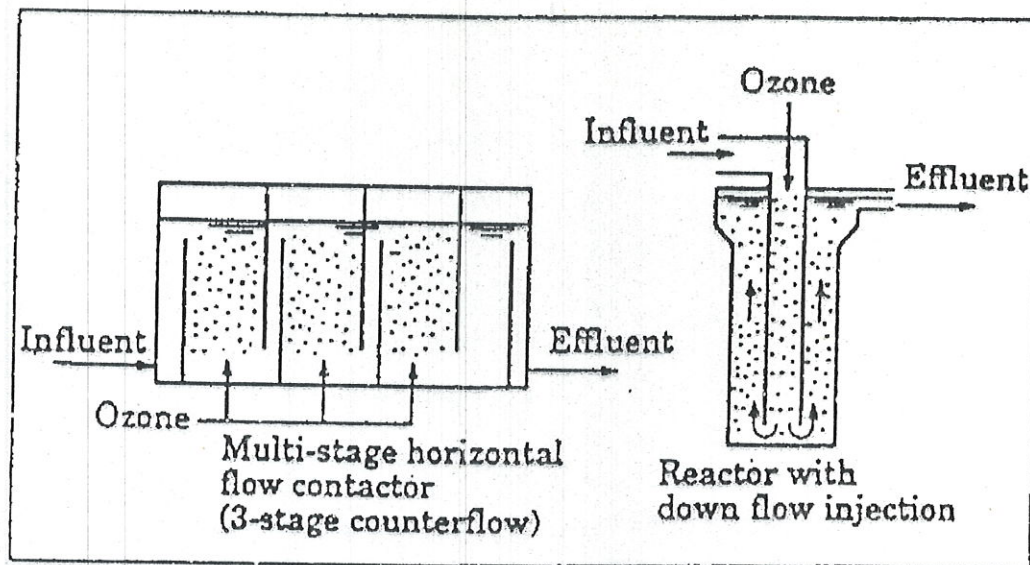
Sejak tahun 1972 FPA Kanamachi dihadapkan pada masalah air yang berbau apek (*musty odor*). Setiap musim panas mereka menerima pengaduan ± 1000 kali dari konsumen bahwa air minum yang diterima berbau apek. Gambar 1 menunjukkan kadar 2-metilisoborneol (2-MIB) dan metilbenzenalkilsulfonat (MBAS) dalam air sungai Edo, Jepang dari tahun 1988 hingga tahun 1996.

FPA Kanamachi dibangun di antara fasilitas sedimentasi dan penyaringan seperti terlihat pada Gambar 2. Kapasitas pemurnian per hari 0,52 juta meter kubik dan merupakan setengah dari rata-rata jumlah distribusi harian.

Perusahan pemurnian air tersebut terdiri dari 10 tanki kontak ozon yang bertipe alir atas-bawah dengan ruangan bersekat tiga (Gambar 3). Kedalaman air yang efektif yaitu 6 meter, waktu kontak kira-kira 12 menit, dan kecepatan umpan ozon maksimum 3 mg ozon/liter. Masing-masing tanki pengontak mempunyai ruang penahan yang mempunyai waktu retensi kira-kira 6 menit. Fasilitas adsorpsi karbon aktif terdiri dari 24 tanki, dan masing-masing mempunyai luas permukaan penyaring 100 meter².



Gambar 2. Diagram alir pemurnian air sistem maju

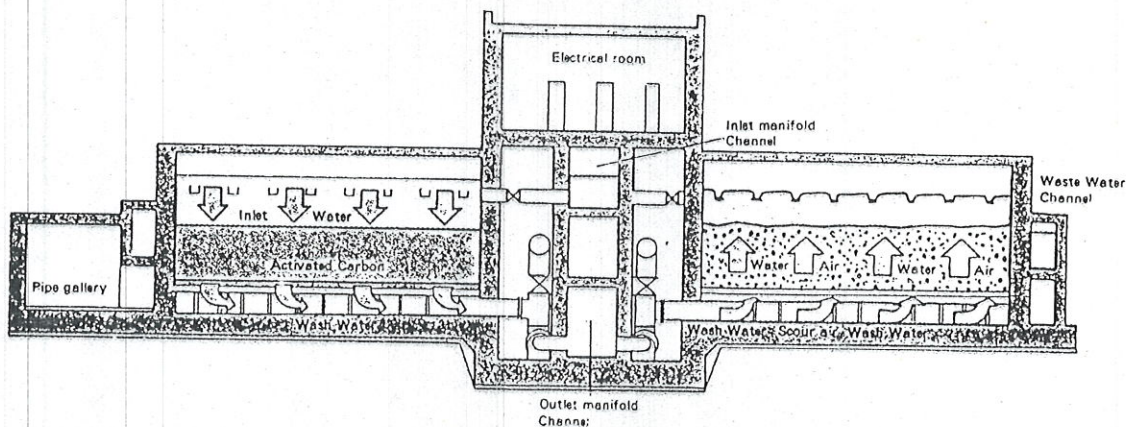


Gambar 3. Sistem reaktor ozon

Bagaimanapun juga konsentrasi zat yang menyebabkan bau apek dalam air baku sangat bervariasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bau apek pada FPA Kanamachi berasal dari 2-MIB yang dihasilkan oleh alga biru-hijau dalam badan-badan sungai Edo. Meskipun kadar 2-MIB dalam bahan baku air sangat rendah, namun konsumen merasakan baunya. Menurut standar mutu air negara Jepang, kadar 2-MIB dalam air minum harus $< 20 \text{ ng/L}$. Sejak tahun 1984, telah dilakukan usaha penyisihan bau apek air menggunakan karbon aktif bubuk (*powder activated carbon* = PAC) yang penggunaannya selalu berubah-ubah disesuaikan dengan kadar 2-MIB yang bervariasi. Hasil pengolahan dengan cara tersebut ternyata masih kurang efektif. Sebagaimana letaknya, FPA Kanamachi dekat dengan laut, kualitas bahan baku airnya dipengaruhi oleh proses dimuara sungai. Tingkat variasi air sungai mengakibatkan pengoperasian di gerbang membawa suatu perubahan jumlah aliran air yang keluar dari cabang yang tercemar dan laju pengenceran air dari hulu sungai. Selain itu, kadar 2-MIB dalam bahan baku air juga diubah oleh matahari, jumlah aliran sungai, dan jatuhnya hujan yang menyebabkan anak sungai tercemar. Dinas Pengairan Pemerintah Daerah Metropolitan Tokyo (BWT) menyediakan air bersih kepada ± 11 juta penduduk. Dinas Pengairan ini mempunyai 11 fasilitas pemurnian air (FPA) termasuk FPA Kanamachi. Kapasitas pemurnian total $6,96 \text{ juta meter}^3/\text{hari}$. FPA Kanamachi mempunyai sumber air sungai Edo yang mempunyai kapasitas pemurnian $1,60 \text{ juta meter}^3$; 23 % dari kapasitas pemurnian total milik BWT. FPA Kanamachi ini menyediakan air bersih untuk $\pm 2,5$ juta penduduk.

Pada tahun-tahun belakangan ini, pencemaran bahan baku air terjadi karena urbanisasi yang cepat di lembah sungai Edo. Di lembah tersebut air buangan domestik mengandung pencemar organik seperti N-amonia dan surfaktan anionik (deterjen sintetis). Beberapa pekerjaan konservasi lingkungan seperti konstruksi pengembangan sistem pembuangan telah dilakukan. Namun demikian, mereka membutuhkan waktu untuk bekerja secara efektif dan kualitas bahan baku air belum cukup tercapai. Untuk mencapai penyisihan bau apek yang lebih stabil dan efektif, Badan Pengairan Pemerintah Daerah Metropolitan Tokyo (BWT) memutuskan untuk memperkenalkan **suatu sistem pemurnian air yang disebut dengan sistem maju (*advanced system*)**, yaitu kombinasi pengolahan secara ozonasi dan penyerapan menggunakan karbon yang diaktivasi secara biologis (*biological activated carbon, BAC*) yang mulai beroperasi pada bulan Juni 1992. Sistem baru tersebut dapat menyisihkan bau apek menjadi air yang layak bagi konsumen. Selain itu, proses ini mampu menyisihkan surfaktan anionik sebesar 80 %.

Ozonasi dapat mendegradasi senyawa berbau karena ozon sangat kuat mengoksidasi senyawa tersebut. Pengolahan BAC seperti terlihat pada Gambar 4 efektif untuk menyisihkan zat tersebut dengan adsorpsi dan oksidasi biologi oleh mikroorganisme yang tumbuh di permukaan karbon aktif.



Gambar 4. Pengolahan dengan adsorpsi menggunakan karbon yang diaktivasi secara biologi (BAC)

OZONASI

Ozon (O_3) adalah molekul yang tersusun dari 3 (tiga) buah atom oksigen. Senyawa ini merupakan oksidator yang kuat, sehingga dapat digunakan sebagai oksidator dalam penguraian zat/pencemar organik dalam proses pemurnian air. Selain itu ozon juga dapat

mengoksidasi besi dan mangan dalam air. Biasanya ozon lebih efektif digunakan untuk menguraikan zat yang menimbulkan bau dan warna. Proses ozonasi juga sering digunakan untuk menghancurkan turunan trihalometan (THM) dan senyawa kloroorganik lainnya sebelum proses klorinasi.

Pembuatan Ozon

Ozon dibuat dari udara yang diperkaya dengan oksigen. Konsentrasi ozon yang dihasilkan dari udara berkisar antara 1,5 - 2,5 % (berat/berat). Jika diproses dari bahan dasar oksigen murni dengan menggunakan generator yang sama, konsentrasi ozon dapat mencapai 3 - 5 %. Proses pembuatannya adalah sebagai berikut :

Sebelum dimasukkan ke dalam generator ozon, udara dan oksigen diolah dulu agar produksi ozon dapat maksimal sehingga mengurangi pekerjaan generator. Selain itu juga perlu dilakukan perlakuan awal seperti menghilangkan debu agar efisiensi produksi meningkat, penghilangan minyak agar tidak mengotori dielektrik, penghilangan N_2 untuk menghindari terbentuknya HNO_2 yang berakibat merusak generator, minimisasi kelembaban agar waktu hidup dielektrik dapat bertahan lama dan hemat tenaga, dll. Maka penghilangan kelembaban sangat penting untuk *pretreatment* gas. Pekerjaan ini dapat dicapai dengan menggunakan pengering, yaitu kombinasi penggunaan tekanan, temperatur dan pengeringan.

Ozonasi merupakan proses pengolahan yang relatif baru di Jepang. Proses ini diteliti hampir 100 tahun. Dasar penerapannya diperoleh dari sumber artikel yang diterbitkan dan pengalaman operasional hingga proses desainnya. Desainnya terdiri dari 5 bagian, yaitu: seleksi sistem gas umpan, penyediaan sistem gas umpan, seleksi generator ozon, desain kolam untuk pengaliran ozon, penguraian gas ozon.

Ozon adalah gas yang bersifat racun, mudah terbakar, menggunakan sumber listrik bertegangan tinggi, dan jika sistemnya menggunakan oksigen sebagai gas umpan akan menjadi lebih berbahaya. Meskipun demikian, sistem ozonasi memberikan resiko bahaya lebih kecil dibandingkan sistem klorinasi karena sistemnya dapat segera dihentikan bila ozon bocor.

Gambar 5 menunjukkan kadar 2-MIB dalam air mentah dan kecepatan umpan PAC pada proses pemurnian air konvensional di FPA Kanamachi pada bulan September 1992. Kadar 2-MIB bervariasi dari jam ke jam. Kecepatan umpan PAC diubah sesuai perubahan kadar 2-MIB yang dianalisis dengan kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS).

Biaya konstruksi fasilitas tersebut sekitar **30 bilyun yen $\approx$ Rp. 2 trilyun**. Biaya ini tidak termasuk pengolahan ozonasi dan BAC, dan juga stasiun pompa dan pipa transmisi antara fasilitas konvensional dan fasilitas pemurnian sistem maju.

Biaya Perawatan

Pada tahun 1992, biaya awal konstruksi yaitu Rp. 700,-/m³, biaya listrik dan aktivasi karbon, dll. Rp. 400,-/m³, biaya total pengolahan pemurnian air sistem maju Rp. 1.000,-/m³, sedangkan biaya pengolahan konvensional Rp. 1.000,- /m³. Jadi biaya total pemurnian Rp. 2.000,-/m³.

Harga jual satu unit di Tokyo adalah Rp. 13.000,-/m³, biaya pengolahan pemurnian air sistem maju ini diberlakukan 8% dari harga jual setiap unit.

KESIMPULAN

Fasilitas pemurnian air sistem maju secara konsisten memberikan hasil yang baik terutama untuk penyisihan 2-metilisoborneol (2-MIB) yang secara prinsip senyawa ini harus disisihkan. Pada Fasilitas Pemurnian Air Kanamachi (*Kanamachi Purification Plant*) - Tokyo, separuh air mentah dimurnikan dengan pemurnian sistem maju (*advanced system*) dan sisanya diolah dengan karbon aktif bubuk (PAC) berdasarkan suplai bahan baku air. Sejak fasilitas tersebut didirikan, fasilitas tidak lagi menerima komplain dari masyarakat mengenai air minum yang berbau apek.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kamei, M., Advanced Water Purification Process, (Bahan Kuliah pada Water Quality Training Course, Central Training Center Bangkok, November 1997 (1997) 1-19.
2. Mohamed S. Siddiqui, L. Amy, Rip G. Rice, Bromate Ion Formation : A Critical Review, *Jour. AWWA*, 87: 10 (1995) 58-70.