

# Dampak Proses Chlorinasi Air pada Kesehatan

**Inswlasri , Agustina Lubis**

*Pusat Penelitian Ekologi Kesehatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan  
Departemen Kesehatan RI, Jakarta*

## ABSTRAK

Senyawa-senyawa trihalomethane (THM) telah ditemukan dalam air bersih untuk rumah tangga, air tanah, air permukaan dan dalam air kolam renang atau pemandian. Kadar paling tinggi terdapat dalam kolam renang.

Untuk menghindari atau mereduksi terbentuknya THM, harus dihilangkan zat-zat organik terlebih dahulu sebelum proses' chlorinasi atau mengganti jenis disinfektan dengan jenis lain yang tidak menyebabkan terbentuknya THM. Tetapi dalam keadaan darurat THM dapat dihilangkan dengan merebus air selama 3-5 menit. Untuk kolam renang dengan sistem tertutup, sirkulasi udara harus dibuat sebaik mungkin, sehingga THM yang terdapat dalam udara di was permukaan air kolam tidak akan mengambang di tempat tetapi dapat pindah/mengalir mengikuti sirkulasi udara.

## PENDAHULUAN

Air selalu berada dalam sildus hidrologik sehingga relatif jumlahnya tetap. Air hujan turun ke bumi, sebagian meresap ke tanah menjadi air tanah dan sebagian lagi tinggal/mengalir di pennukaan tanah seperti danau dan sungai yang disebut dengan air permukaan. Air permukaan ini divapkan oleh panas matahari naik ke atas menjadi awan yang akhirnya terkondensasi menjadi embun atau hujan.

Air yang sehat bagi kehidupan manusia adalah air yang tidak terkontaminasi dan tidak dapat menimbulkan penyakit yang disebarkan melalui air, bebas dari unsur-unsur yang beracun, dan bebas dari sejumlah mineral dan zat organik yang berlebihan<sup>(1)</sup>. Pencemaran di kota-kota besar yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri dapat menurunkan kualitas air.

Air merupakan kebutuhan pokok dalam kehidupan. Kualitas dan kuantitas air sangat bervariasi tergantung dari peruntukannya. Standar kualitas air untuk kebutuhan hidup manusia (disebut air bersih) lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kualitas air untuk keperluan yang lain.

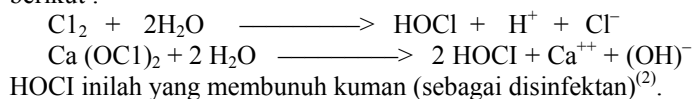
Pertumbuhan penduduk yang pesat, urbanisasi dan industrialisasi menyebabkan masalah lingkungan makin besar dan membahayakan kesehatan manusia. Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari sangat sulit ditemukan air dengan kualitas yang memenuhi syarat. Oleh karena itu diperlukan pengolahan air yang ada agar sesuai dengan kualitas yang diinginkan seperti untuk air minum, air kolam renang dan sebagainya.

## PENGOLAHAN AIR

Proses pengolahan air ini sangat tergantung dari karakteristik aii baku dan kualitas air yang diinginkan. Proses pengolahan air secara garis besar terdiri dari proses biologik, mekanik dan kimiawi. Dalam suatu unit pengolahan air biasanya digunakan kombinasi antara proses-proses tersebut. Khusus untuk proses kimiawi di antaranya adalah proses netralisasi dengan asam atau basa, chlorinasi/ozonisasi, pertukaran ion dan sebagainya.

Proses chlorinasi adalah pembubuhan chlor atau senyawa chlor ke dalam air dengan tujuan untuk membunuh kuman atau menghilangkan bau (untuk industri). Senyawa-senyawa chlor

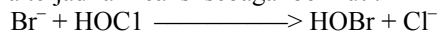
yang banyak digunakan dalam proses chlorinasi pada umumnya adalah gas chlorin, senyawa hipochlorit, chlorine dioksida, bromine chlorida, dihydroisocyanurate dan chloramine. Proses chlorinasi ini banyak digunakan dalam mengolah limbah industri, air kolam renang, air minum di negara-negara yang sedang berkembang karena biayanya relatif murah, mudah dan efektif sebagai disinfektan. Reaksi kimia yang terjadi pada saat chlorinasi dengan gas chlor atau dengan kaporit adalah sebagai berikut :



### TERBENTUKNYA SENYAWA TRIHALOMETHANE

Senyawa halogen organik yang mudah menguap (*volatile halogenated organics*) yang biasa disingkat dengan VHO terjadi pada proses chlorinasi dalam air yang mengandung bahan-bahan organik dengan konsentrasi tinggi. Senyawa-senyawa VHO tersebut sebagian besar ditemukan dalam bentuk trihalomethane (THM). Senyawa THM ini antara lain adalah Chloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), Bromodichloromethane ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ), Dibromochloromethane ( $\text{CHClBr}_2$ ), dan Bromoform ( $\text{CHBr}_3$ )<sup>(3)</sup>.

Jika dalam proses chlorinasi di dalam air mengandung Br maka terjadilah reaksi sebagai berikut :



Dengan demikian di dalam air tersebut terdapat senyawa HOBr dan HOCl yang akan bereaksi dengan zat-zat organik membentuk THM<sup>(2)</sup>.

### Terbentuknya THM dalam air minum

Suatu penelitian yang dilakukan oleh Aggazzotti G. menemukan adanya senyawa THM dalam air minum setelah proses chlorinasi baik dengan gas Chlorine, sodium hypochlorite ( $\text{NaClO}$ ) maupun dengan chlorine dioksida ( $\text{ClO}$ ). Air yang sama tidak mengandung THM ketika dianalisa sebelum proses chlorinasi dan bahan organiknya telah dihilangkan. Kadar THM maksimum yang terdeteksi adalah 41,8 ug/l<sup>(4)</sup>.

### THM dalam kolam renang dan pemandian air panas

Penelitian yang sama jugamenunjukkanbahwadalam kolam renang yang telah didesinfeksi dengan  $\text{NaClO}$  atau dengan dichloroisocyanurate juga terbentuk senyawa THM, dan kadarnya lebih tinggi daripada dalam air minum. Hal ini disebabkan karena dalam kolam renang kandungan bahan organiknya lebih besar (karena mendapat tambahan bahan organik dari orang-orang yang memakai kolam renang tersebut misalnya dari keringat dan urine). Perlu diketahui pula bahwa THM dalam kolam renang ini dapat dibebaskan ke udara di atas permukaan air tersebut (THM mudah menguap). Kadang-kadang THM ini bisa mencapai konsentrasi yang tinggi, khususnya dalam kolam renang yang tertutup (*indoor pool*). Dalam penelitian ini kadar THM dalam udara di atas permukaan kolam renang maksimum mencapai 787 ug/m<sup>3</sup><sup>(4)</sup>. Senyawa THM inilah yang akan terhirup oleh orang-orang yang secara teratur berkunjung ke kolam renang tersebut. Kadar THM maksimum dalam kolam renang mencapai 177,4 ug/l<sup>(4)</sup>.

Penelitian pada tahun 1983 yang dilakukan oleh Chambon dkk menemukan kadar chloroform dalam kolam renang berkisar antara 83 – 665 ug/l<sup>(9)</sup>, sedangkan dalam penelitian Lahl dkk tahun 1981 ditemukan kadar chloroform dalam kolam renang berkisar antara 50 – 980 ug/P. Penelitian yang dilakukan oleh Frank M. Benoit tahun 1986 di tempat-tempat pemandian air panas untuk umum menyatakan bahwa kadar chloroform dan bromoform dalam air adalah 35 – 674 ug/l dan 37 – 3600 ug/l. Sedangkan kadar chloroform dan bromoform dalam udara di atas air tersebut berkisar antara 4 – 750 ug/m<sup>3</sup> dan 0 – 910 ug/m<sup>3</sup><sup>(6)</sup>. Pembentukan THM akan meningkat pada proses thlorinasi air yang mengandung zat-zat organik (berasal dari asam humus, urine, keringat) suhu dan pHnya agak tinggi<sup>(7)</sup>.

### THM dalam air permukaan dan air tanah

Penelitian yang mendeteksi adanya THM dalam air permukaan maupun air sumur dalam menunjukkan bahwa air permukaan mengandung THM maksimum 25,3 ug/l<sup>(8)</sup> dicapai pada musim pans (di sungai Tone Jepang) dan maksimum 263 ug/l di Itali<sup>(4)</sup>. THM ini muncul karena air limbah yang pada umumnya terchlorinasi dan yang secara luas digunakan dalam aktivitas industri. Selain itu hasil penelitian ini menyatakan bahwa beberapa air tanah mengandung bahan-bahan organik yang tinggi walaupun berasal dari lapisan-lapisan yang dalam. Kadar THM maksimum yang terdeteksi dalam air tanah adalah 20 ug/l<sup>(4)</sup>.

### BAHAYA THM

Senyawa THM diduga potensial karsinogenik terhadap manusia, sebab sifat ini telah terbukti pada percobaan terhadap tikus. Hasil percobaan menunjukkan bahwa terdapat tumor ginjal pada tikus jantan dan tumor tiroid pada tikus betina yang diberi ransum makanan yang mengandung chloroform. Pada tikus, lemak tubuh adalah tempat penyimpanan chloroform yang sangat penting, dan jumlah yang lebih kecil didapatkan dalam hati, paru, urat dan ginjal<sup>(3)</sup>.

Dalam tubuh manusia, lebih dari 50,6% THM yang masuk melalui mulut (7 mg/kg berat badan) diubah menjadi  $\text{CO}_2$ ; tetapi ini tergantung pada kepekaan individu masing-masing. Dengan dosis 500 mg yang dihirup oleh seseorang, 18 – 67% dikeluarkan lagi dalam bentuk yang tidak berubah dalam waktu 8 jam. Sebagian besar metabolisme dari chloroform dikeluarkan melalui paru-paru sebagai  $\text{CO}_2$  atau melalui ginjal sebagai chlorine anorganik.

Chloroform adalah suatu depresan sistim saraf pusat yang juga berpengaruh pada hati dan ginjal. Akibat yang paling cepat adalah kehilangan kesadaran yang mungkin diikuti dengan koma dan kematian. Bahaya pada ginjal dicatat 24 – 48 jam setelah terpapar dan bahaya pada hati setelah 2 – 5 hari, sehingga gejala keracunan muncul beberapa hari setelah terpapar. Dosis yang mematikan kira-kira 44 g atau 630 mg/kg berat badan untuk orang yang berat badannya kira-kira 70 kg. Dosis mematikan yang paling rendah yang pernah dicatat adalah 210 mg/kg berat badan. Penelitian lain yang menggunakan analisa statistik (analisa regresi) hasilnya hampir sama dengan studi-studi sebelum-

nya yang menunjukkan bahwa ada hubungan positif antara angka kematian kanker kandung kemih dan kadar chloroform dalam air minum. Kadar total THM 30 ug/l dalam air minum telah direkomendasi dengan konsumsi rata-rata 2 liter/hari.

Akibat lain bila dalam air buangan timbul senyawa-senyawa THM yaitu akan memberi akibat yang besar terhadap lingkungan sumber air penerima dan mengganggu kehidupan ikan. Oleh karena itu *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) telah menetapkan kadar maksimum kontaminasi total THM yang diperbolehkan dalam air minum adalah 0,10 mg/l. Pada saat ini, ada indikasi kuat bahwa standar total THM tersebut akan ditetapkan lebih rendah lagi. Dan lebih dari itu, mungkin standar yang lebih khusus untuk masing-masing jenis THM perlu ditentukan.

### CARA MENGHILANGKAN THM

Untuk mereduksi THM harus dihilangkan penyebabnya yaitu zat-zat organik sebelum proses chlorinasi atau mengganti jenis disinfektan yang tidak menyebabkan terbentuknya THM<sup>(9,10,11,12,13)</sup>

Untuk menghilangkan penyebabnya ada beberapa alternatif yaitu :

- 1) Memindahkan proses chlorinasi pada bagian yang paling akhir dengan tujuan bahan-bahan organiknya sudah dihilangkan sebelum proses chlorinasi.
- 2) Jika proses chlorinasi dipakai setelah proses koagulasi dan pengendapan atau setelah proses *softening* dan pengendapan, proses-proses tersebut perlu diperbaiki untuk mengoptimasi penghilangan bahan-bahan organik.
- 3) Mengoptimasi proses-proses pendahuluan sebelum proses chlorinasi untuk menghilangkan bahan-bahan organik.
- 4) Penggunaan adsorben (karbon aktif) untuk menghilangkan bahan-bahan organik sebelum proses chlorinasi.
- 5) Memperbaiki kualitas air baku atau memilih sumber-sumber alternatif yang tidak mengandung bahan-bahan organik tinggi.
- 6) Menggunakan kombinasi cara-cara tersebut di atas.

Untuk mengganti jenis disinfektan ada beberapa disinfektan alternatif yang menghasilkan THM kecil sekali atau bahkan tidak menghasilkan sama sekali antara lain yaitu :

- chlorine yang bebas chlorine dioksida
- chloramine
- ozone

Dalam keadaan darurat, untuk mengatasi masalah sumber air minum yang telah tercemar oleh THM maka air tersebut harus direbus dahulu sebelum dipakai sebagai air minum. THM akan hilang bila air tersebut direbus sampai mendidih selama 3 – 5 menit.

### KESIMPULAN

Senyawa organik yang mudah menguap terjadi pada proses chlorinasi dalam air yang banyak mengandung zat organik. Senyawa ini sebagian besar ditemukan dalam bentuk trihalomethane (THM). Pembentukan THM akan meningkat pada proses chlorinasi air yang mengandung zat-zat organik (berasal dari asam humus, urine, keringat), suhu dan pH tinggi.

Trihalomethane yang terdeteksi dalam air tanah, air permukaan, air minum, air kolam renang dan pemandian umum, dan dalam udara di atas kolam renang, kadar tertinggi terdapat dalam air kolam renang.

Karena THM termasuk senyawa yang bersifat karsinogenik maka harus dihilangkan. Untuk menghindari terbentuknya THM perlu dihilangkan zat-zat organik sebelum proses chlorinasi atau dipilih disinfektan lain yang tidak menyebabkan terbentuknya THM. Dalam keadaan darurat THM dalam air minum dapat dihilangkan dengan cara merebus air sampai mendidih selama 3 – 5 menit.

### KEPUSTAKAAN

1. Fair GM, Geyer OC. *Water Supply and Waste Disposal*; John Wiley and Sons 1967. p. 9.
2. Lahl U et al. Distribution and balance of volatile halogenated hydrocarbons in the water and air of covered swimming pools using chlorine for water disinfection. *Water Res* 1981; 15: 803-14.
3. World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality*; vol. 2; Health Criteria and Other Supporting Information, p. 240-245, Geneva 1984.
4. Aggazzotti G, Predieri G. Survey of Volatile Halogenated Organics (VHO) in Italy; *Water Res* 1986; 20 (8): 959-634.
5. Chambon P et al. Survey of trihalomethane levels on Rhone-Alps water supplies; *Water Res* 1983; 17: 65-9.
6. Benoit FM, Jackson R. Trihalomethane formation in whirlpool Spas; *Water Res* 1987; 21 (3): 353-7.
7. El-Rehaili AM, Webber Jr. WJ. Correlation of humic substance trihalomethane formation potential and adsorption behavior to molecular weight distribution in raw and chemically treated waters; *Water Res* 1987; 21(5): 573-83.
8. Uchiyama M. et al. Changes of trihalomethane formation potentials in the Tone River; *Water Res* 1986; 20 (8): 999-1003.
9. Reinhold GW. *Environmental Engineering Series*; USA 1978, p. 355-55.
10. Sakoda A. et al. Trihalomethane adsorption on activated carbon fibers; *Water Res* 1991; 25 (2): 219-25.
11. Any GL et al. The effects of ozonation and activated carbon adsorption on trihalomethane speciation, *Water Res* 1991; 25(2): 191-202.
12. Taylor IS. et al. Trihalomethane Precursor Removal by the Magnesium Carbonate Process; *Research and Development of United States Environmental Protection Agency*, 1984.
13. Watanabe H. The prevention of formation and removal of chlorinated organics in wastewater, the sixth US Japan Conference on Sewage Treatment Technology; Japan, 1979.