

## PENGARUH KONSENTRASI OZON TERHADAP CEMARAN MIKROBA PADA AIR MINUM DALAM KEMASAN

THE EFFECT OF OZONE CONCENTRATION ON THE MICROBIAL CONTAMINATION ON THE BOTTLED DRINKING WATER

Sri Agustini<sup>(1)</sup> dan Rienoviar<sup>(2)</sup>

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang<sup>(1)</sup>

Balai Besar Industri Agro Bogor<sup>(2)</sup>

e-mail: sragustini@yahoo.com<sup>(1)</sup>; rienoviar\_hild@yahoo.com<sup>(2)</sup>

Diajukan: 21 Maret 2011; Disetujui : 20 Mei 2011

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi ozon yang optimum pada proses disinfeksi air minum dalam kemasan. Percobaan dilakukan pada dua pabrik air minum dalam kemasan di Palembang dan Bengkulu. Perlakuan yang diberikan adalah konsentrasi ozon pada tangki pencampur masing masing 0,1 ppm; 0,2 ppm; 0,3 ppm; 0,4 ppm; 0,5 ppm dan 0,6 ppm. Terhadap contoh hasil perlakuan dilakukan pengujian Angka Lempeng Total (ALT), *coliform* dan *Salmonella* menggunakan SNI 01-2897-1992 cara Uji Mikroba pada laboratorium terakreditasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa air minum dalam kemasan hasil perlakuan dengan kadar ozon kurang dari 0,3 ppm masih mengandung ALT lebih dari 100 CFU. Sedangkan air minum dalam kemasan hasil perlakuan dengan kadar ozon 0,3 ppm atau lebih memenuhi persyaratan ALT menurut SNI 01-3553-2006 untuk lini produksi, dimana ALT <100 CFU. Semua contoh air baku tidak mengandung *Salmonella*. Hasil pengujian terhadap *Coliform* menunjukkan bahwa semua contoh hasil perlakuan mengandung *coliform* < 2 koloni. Ini berarti bahwa semua contoh hasil perlakuan memenuhi persyaratan SNI 01-3553-2006 untuk *coliform* dan *salmonella*.

**Kata Kunci:** Air Minum Dalam Kemasan, Ozon, SK 705/MPP/Kep/2003, Disinfeksi

### Abstract

*A study on the effect of ozone concentration on the microbial contamination on the bottled drinking water has been done. The objective was to get the optimum concentration of ozone in disinfection in the bottled drinking water production. The treatment was concentrating ozone in mixing tank 0.1 ppm; 0.2 ppm; 0.3 ppm; 0.4 ppm; 0.5 ppm and 0.6 ppm. Experiment were done for two bottled drinking water producers in Palembang, and Bengkulu. Treated Samples were sent to accredited laboratory to be tested for Total plate count, coliform and salmonella by using SNI 01-2897-1992 test method for microbiological contamination. Test results showed that drinking water which were treated with ozone concentration below 0.3 ppm still contain Total plate count more than 10<sup>2</sup> CFU, while those were treated with ozone concentration 0.3 ppm and more comply to requirement for Total plate count according to SNI 01-3551-2006 (Indonesia National Standard for bottled drinking water) for line production where the Total Plate count less than 100 CFU. All untreated samples do not contain salmonella. Test result for Coliform showed that all treated samples have coliform less then 2 colonies. This mean that all treated samples comply to the requirement of to SNI 03-3551-2006 (Indonesia National Standard for bottled drinking water) for Coliform and salmonella.*

**Keywords:** *The bottled drinking water, ozone, SK 705/MPP/Kep/2003, disinfection*

## PENDAHULUAN

Disinfeksi pada proses produksi air minum dalam kemasan merupakan titik kendali kritis (*critical control point*) yang harus benar-benar diperhatikan. Kegagalan dalam memenuhi batasan titik kritis akan berakibat fatal bagi mutu produk yang pada gilirannya akan berpengaruh terhadap status produk dan keselamatan bagi konsumen yang mengkonsumsinya. Disinfeksi air dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu penggunaan bahan kimia, penggunaan ozon dan penyinaran dengan Lampu Ultra Violet.

Di dalam Surat keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor: 705/MPP/kep/11/2003 diantaranya ditetapkan bahwa proses disinfeksi harus dilakukan dengan cara ozonisasi di dalam tangki pencampur ozon. Konsentrasi ozon untuk proses disinfeksi minimal 0,6 ppm, sedangkan kadar ozon di dalam produk sesaat setelah pengisian berkisar antara 0,1 ppm sampai dengan 0,4 ppm. Selain itu juga ditetapkan bahwa setiap industri air minum dalam kemasan harus memantau kadar ozon di dalam tangki pencampur dan produk.

Pada prakteknya persyaratan ini seringkali tidak dapat dipenuhi dan mendapat tantangan. Banyak hal yang menjadi penyebabnya, diantaranya adalah kapasitas kemampuan ozon generator yang dimiliki oleh industri tidak mampu mencapai konsentrasi yang dipersyaratkan (sebagian besar industri kecil air minum dalam kemasan tidak dapat memenuhi persyaratan konsentrasi ozon). Namun ada juga industri yang enggan menerapkannya karena dianggap tidak sesuai dengan hasil yang diharapkannya. Ada juga yang beranggapan bahwa penerapan konsentrasi ozon tersebut dapat menurunkan mutu produk mereka secara keseluruhan.

Song *et al.* (2003) melaporkan bahwa kontak antara *film low-density polyethylene* (LDPE) dengan larutan ozon 3,6 mg/kg selama 10 menit, dapat menyebabkan terbentuknya komponen-komponen hasil degradasi film,

diantaranya komponen *butylated hydroxytoluene (BHT)* dan *butylated hydroxyanisole (BHA)* teroksidasi, ester asam ptalat, alkana, keton dan peroksida. Komponen hasil degradasi ini bisa menyebabkan penyimpangan bau dan rasa pada pangan.

Dekomposisi ozon di dalam air akan menghasilkan produk intermediat reaktif seperti radikal hidroksil dan superoksid. Menurut Kim *et al.* (1999) dalam Song *et al.* (2003), sifat reaktif ozon mungkin disebabkan oleh kemampuan oksidasi dari radikal-radikal bebas yang dihasilkan karena radikal bebas bisa langsung menyerang ikatan karbon-karbon, maka efek degradasi yang terjadi pada LDPE menjadi sangat besar. Pengaruh ozon terhadap jenis film yang lain mungkin bervariasi.

Polimer dari jenis *polyethylene terephthalate (PET)*, *high-density polyethylene (HDPE)*, *polypropylene (PP)* and *ethylene vinyl acetate (EVA)* digunakan secara luas oleh industri AMDK untuk membuat botol maupun tutup kemasan AMDK. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perlakuan ozon dapat mengoksidasi dan mendegradasi polimer PET, HDPE, dan PP tidak hanya di permukaan tetapi sampai ke bagian dalam dan memodifikasi sifat fungsionalnya.

Ozon diduga juga memfasilitasi migrasi dari komponen residu maupun hasil dekomposisi polimer botol. Pembentukan dan migrasi komponen hasil degradasi ke dalam AMDK akan menyebabkan perubahan karakteristik sensorik produk juga masalah kesehatan pada konsumen.

Hasil penelitian Song *et al.* (2003) menunjukkan bahwa migrasi komponen volatil terjadi pada sampel polimer HDPE, PP dan EVA, tetapi tidak terdeteksi pada polimer PET. Komponen volatil yang ditemukan adalah aldehid dan keton dengan panjang rantai C<sub>4</sub>-C<sub>9</sub>, yaitu butanal, pentanal, heksanal, heptanal, oktanal, nonanal, 2,2-dimetil propanal, 3-heksanon, 2-heksanon, dan heptanon. Secara umum, terjadi peningkatan konsentrasi komponen-komponen volatil dengan meningkatnya lama waktu kontak dengan ozon.

Komponen volatil yang paling banyak bermigrasi adalah heksanal ( $14.1 \pm 0.6 \mu\text{g/kg}$ ) dan berasal dari tutup PP yang diberi perlakuan ozon dengan konsentrasi 5 mg/kg dan disimpan pada suhu  $40^\circ\text{C}$  selama 10 hari.

Untuk menjembatani gap antara persyaratan Teknis yang ditetapkan oleh Kepmenperindag Nomor: 705/2003 dengan penerapan di lapangan maka diperlukan standar proses disinfeksi dan kepastian tentang pengaruh ozon terhadap cemaran mikroba dalam air minum dalam kemasan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan kegiatan penelitian pengaruh ozon terhadap cemaran mikroba dalam proses disinfeksi air minum dalam kemasan, sehingga didapat air dengan cemaran mikroba yang memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia.

## BAHAN DAN METODE

### A. Bahan

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari air baku (air sumur) yang digunakan oleh industri AMDK, air proses (air yang telah didisinfeksi menggunakan ozon dengan konsentrasi tertentu) serta bahan kimia yang diperlukan untuk menganalisa kadar ozon dan cemaran mikroba.

### B. Metode Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di dua pabrik AMDK yang berada di Palembang dan Bengkulu.

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan percobaan yang disusun sebagai berikut :

1. Mempelajari kualitas sumber air baku pada industri air minum dalam kemasan yang ada di Palembang, dan Bengkulu, utamanya mengenai pH dan cemaran mikroba.
2. Melakukan percobaan disinfeksi menggunakan ozon ( $\text{O}_3$ ) yang disusun dengan perlakuan konsentrasi 0,1 ppm, 0,2 ppm, 0,3 ppm, 0,4 ppm, 0,5 ppm dan 0,6 ppm. Pengambilan contoh untuk pengujian kadar ozon dilakukan sesaat setelah pengisian pada lokasi kran pengambilan contoh pada tangki

pencampur. Pengujian kadar ozon dilakukan menggunakan kolor komparator Hana.

3. Terhadap hasil percobaan dilakukan pengujian, pH, TDS dan cemaran mikroba meliputi angka lempeng total, coliform dan salmonella sesuai Standar Nasional Indonesia Nomor 01-2897-1992 tentang cara uji cemaran mikroba.
4. Data hasil pengujian kemudian diolah secara statistik untuk melihat pengaruh perlakuan disinfeksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kualitas Air Baku

Air baku yang digunakan oleh industri air minum dalam kemasan yang ada di kota Palembang dan Bengkulu adalah air tanah yang berasal dari mata air di bawah permukaan dan diambil dengan cara pemboran (air sumur bor) serta air tanah yang keluar ke permukaan.

Hasil pengujian fisika dan kimia menunjukkan bahwa secara umum pH air baku (air tanah) di kota Palembang dan Bengkulu termasuk katagori bersifat asam karena pH airnya rata rata kurang dari 5. Sedangkan kandungan mineral yang terdapat pada air baku masih memenuhi persyaratan kualitas air baku yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan.

Hasil uji fisika air proses yang digunakan dalam proses disinfeksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Fisika

| No. | Parameter       | Percobaan |      |      |
|-----|-----------------|-----------|------|------|
|     |                 | 1         | 2    | 3    |
| 1   | pH              | 6,79      | 6,4  | 6,5  |
| 2   | Turbidity (NTU) | 0,16      | 0,12 | 0,15 |
| 3   | TDS (mg/l)      | 184       | 54   | 382  |

Tabel 1 menunjukkan bahwa pH air proses yang digunakan dalam proses disinfeksi relatif tidak berbeda berkisar antara 6,4 sampai 6,79. Begitu pula dengan turbidity menunjukkan angka yang relatif sama. Namun tidak demikian untuk TDS, hasil uji TDS menunjukkan

perbedaan yang tajam. Angka TDS menunjukkan jumlah padatan terlarut yang ada di dalam air. *Total Dissolved* menunjukkan mineral, garam, logam, kation dan anion yang terlarut dalam air. *Total Dissolved Solid* (TDS) menggambarkan garam anorganik (biasanya kalsium, magnesium, potassium, natrium, bikarbonat, klorida dan sulfat) serta sejumlah kecil bahan organik yang terlarut dalam air (Brian, tanpa tahun).

Sigler dan Bauder (2003) menyatakan bahwa Total Dissolved Solid (TDS) adalah senyawaan di dalam air yang tidak dapat dihilangkan dengan cara penyaringan tradisional. TDS terdiri dari garam atau senyawa senyawa yang terurai di dalam air membentuk ion. Ini berarti bahwa garam mempunyai dua bagian muatan, yaitu muatan positif dan muatan negatif, yang berpisah dan bercampur dengan molekul air ( $H_2O$ ). Garam yang umum yang membentuk TDS misalnya sodium ( $Na^+$ ), sulfat ( $SO_4^{2-}$ ), klorida ( $Cl^-$ ), kalsium ( $Ca^{2+}$ ), magnesium ( $Mg^{2+}$ ), dan bikarbonat ( $HCO_3^-$ ).

Kadar TDS yang tinggi akan menyebabkan rasa yang kurang disukai seperti agak asin, pahit atau rasa logam. TDS juga dapat mengindikasikan adanya mineral yang beracun. Standar Nasional Indonesia untuk air minum dalam kemasan membatasi kadar TDS dalam air minum dalam kemasan 500 mg/l (500 ppm). Perbedaan nilai TDS pada setiap percobaan menunjukkan adanya perbedaan kinerja proses filtrasi pada setiap percobaan. Pada percobaan 1 dan 3 proses filtrasi dilakukan dengan proses filtrasi bertingkat terdiri dari saringan pasir, saringan karbon aktif serta mikro filter, sehingga angka TDS lebih besar dari 100 ( $>100$ ). Pada percobaan 2, proses filtrasi dilakukan menggunakan teknologi *reverse osmosis*, sehingga kadar TDS jauh lebih rendah dibandingkan dengan percobaan 1 dan 3.

Hasil pengujian mikrobiologi terhadap air baku menunjukkan bahwa semua air baku pada industri air minum dalam kemasan yang menjadi tempat percobaan mengandung cemaran

mikroba yang ditunjukkan dengan adanya angka lempeng total (ALT) dalam jumlah yang cukup tinggi, sedangkan untuk *coliform* 3 contoh memberikan  $<2$ . Pengujian terhadap cemaran *salmonella* menunjukkan bahwa semua contoh negatif *salmonella*. Ini berarti semua contoh air baku memenuhi persyaratan cemaran *coliform* dan *salmonella*.

Entjang (2003) menyatakan bahwa *coliform* merupakan suatu grup bakteri yang terkandung dalam jumlah banyak pada kotoran manusia dan hewan, sehingga bakteri ini sering dipakai sebagai indikator dari kualitas makanan, air dan juga dipakai sebagai indikator dari kontaminasi kotoran. Infopom (2008) menyebutkan bahwa bakteri golongan *coliform* merupakan spesies dengan habitat dalam saluran pencernaan dan non saluran pencernaan seperti tanah dan air.

Yang termasuk golongan *coliform* adalah *Escherichia coli* dan spesies dari *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* dan *seratia*. Bakteri selain *E.coli* dapat hidup dalam tanah atau air lebih lama dari pada *E.coli*, karena itu adanya bakteri *coliform* dalam makanan tidak selalu menunjukkan telah terjadi kontaminasi yang berasal dari feses. Keberadaanya lebih merupakan indikasi dari *processing* atau sanitasi yang tidak memadai dan keberadaanya dalam jumlah yang tinggi dalam makanan menunjukkan adanya kemungkinan pertumbuhan dari *Salmonella*, *Shigella* dan *Staphylococcus*.

Pada kebanyakan daerah level kontaminasi sangat bervariasi tergantung musim. Air sangat mungkin terkontaminasi oleh mikroorganisme selama musim hujan ketika sumber air sedang tinggi. Oleh sebab itu sangat dianjurkan untuk melakukan pengujian pada musim hujan, dan adanya *coliform* menunjukkan bahwa sumur telah terkontaminasi sehingga air harus dilakukan disinfeksi. Buruknya sistem saluran air buangan, atau kotoran hewan dapat menjadi sumber cemaran bagi air baku.

Angka lempeng total (ALT) adalah keseluruhan koloni yang tumbuh pada bahan pangan atau produk jadi (BPOM, 2003). Sedangkan Fardiaz

(1993) menyatakan bahwa koloni yang tumbuh menunjukkan jumlah seluruh mikro yang ada di dalam sample seperti bakteri, kapang dan khamir. Menurut Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor : HK.00.06.4.02894 tanggal 23 November 1994, Angka Lempeng Total adalah jumlah bakteri mesofil dalam tiap 1 gram atau 1 ml contoh.

### B. Pengaruh Disinfeksi Ozon

Disinfeksi adalah tindakan menambahkan atau menerapkan sanitasi untuk membunuh mikro organisme yang menyebabkan pembusukan dalam memproduksi atau penyakit pada manusia (Trevor dan Suslow, 2001).

USEPA (1999) mendefinisikan disinfeksi sebagai mekanisme primer untuk menginaktivasi/mendestruksi organisme pathogen untuk mencegah penyebaran penyakit yang disebabkan oleh air kepada pengguna hilir atau kepada lingkungan.

Proses disinfeksi bertujuan untuk menghilangkan atau membunuh mikroba (bakteri) terutama bakteri patogen. Proses disinfeksi dilakukan menggunakan ozon pada tangki pencampur dan selama ozon masih ada dalam kemasan.

Dalam proses disinfeksi pengendalian terhadap kadar ozon merupakan titik kendali kritis, karena jika proses disinfeksi yang dilakukan tidak memadai maka produk yang dihasilkan akan mengandung cemaran mikroba. Surat keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan No : 705/MPP/kep/11/2003 menetapkan kadar ozon minimum pada tangki pencampur adalah 0,6 ppm, sedangkan kadar ozon sesaat setelah pengisian minimum 0,1 ppm. Pemantauan kadar ozon pada tangki pencampur ozon dan sesaat setelah pengisian dilakukan minimum 2 kali yaitu pada pagi hari/awal proses dan setelah istirahat. Hasil pengamatan ini harus dicatat sebagai bukti pelaksanaan pengendalian mutu yang efektif.

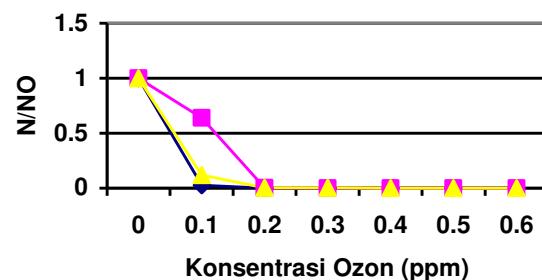
Hasil pengujian terhadap air minum hasil percobaan menunjukkan bahwa konsentrasi ozon berpengaruh

terhadap angka lempeng total (ALT). Hasil pengujian ALT terhadap air percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian cemaran ALT

| No. | Perlakuan<br>ppm | Percobaan         |                   |                   |
|-----|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|     |                  | 1                 | 2                 | 3                 |
| 1   | Air Baku         | $50 \times 10^5$  | $8,3 \times 10^3$ | $2,2 \times 10^4$ |
| 2   | Ozon 0,1         | $1,4 \times 10^5$ | $1,6 \times 10^4$ | $2,1 \times 10^3$ |
| 3   | Ozon 0,2         | $8,5 \times 10^1$ | $10 \times 10^1$  | $3 \times 10^1$   |
| 4   | Ozon 0,3         | 16                | <10               | <44               |
| 5   | Ozon 0,4         | <10               | <10               | <10               |
| 6   | Ozon 0,5         | <10               | <10               | <10               |
| 7   | Ozon 0,6         | <10               | <10               | <10               |

Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan disinfeksi menggunakan ozon dengan konsentrasi 0,4 ppm memberikan air dengan kadar ALT kurang dari 10 (<10), perlakuan 0,3 ppm dan 0,2 ppm memberikan air yang dihasilkan masih mengandung ALT namun jumlahnya masih dianggap aman <100, sedangkan perlakuan dengan konsentrasi 0,1 ppm air yang dihasilkan masih mengandung cemaran ALT dalam jumlah yang cukup tinggi (>100). Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi ozon 0,1 ppm, jumlah ozon yang diperlukan untuk mengoksidasi mikroba tidak cukup sehingga air yang dihasilkan masih mengandung mikroba dalam jumlah yang tidak aman untuk dikonsumsi.



No = ALT awal  
N = ALT setelah disinfeksi

Gambar 1. Pengaruh konsentrasi Ozon terhadap ALT

Ini sesuai dengan Hoff (1986) yang menyatakan bahwa nilai C\*t (konsentrasi dan waktu) yang diperlukan oleh ozon untuk menginaktivasi 99% Coli pada pH 6–7 dan temperatur 5 °C adalah 0,02. Pengaruh konsentrasi ozon terhadap

angka lempeng total hasil percobaan terlihat pada Gambar 1.

Menurut Swancara (2007) ozon harus diinjeksikan secara benar agar aman dan efektif. Air yang kelebihan ozon dapat menyebabkan kadar ozon yang terlalu tinggi (0,4 ppm atau lebih) akan menyebabkan permasalahan pada rasa dan reaksi dengan plastik pada pemipaan dan pada botol. Kelebihan ozon atau injeksi ozon yang tidak tepat dapat menyebabkan "outgas" ke dalam lapisan air dan tutup botol. Jika botol dibuka segera setelah pembotolan, konsumen akan merasakan rasa metal dalam air yang disebabkan oleh bau ozon.

Ozon merupakan disinfektan yang lebih efektif jika dibandingkan dengan khlorin, khloramin, dan bahkan khlorin dioksida. Ozon terdekomposisi secara cepat di dalam air, sehingga ozon kurang cocok untuk residu disinfeksi dan hanya digunakan pada kasus tertentu (utamanya pada sistem distribusi yang pendek). Sebagai disinfeksi awal ozon sangat cocok, karena akan menghasilkan disinfeksi yang sempurna dan konsentrasi disinfeksi yang lebih rendah.

Di udara ozon terbentuk ketika dua atom oksigen ( $O_2$ ) pecah dan terpisah menjadi radikal bebas oxygen ( $O^*$ ), yang berikatan dengan  $O_2$ , membentuk ozon ( $O_3$ ), dengan reaksi sebagai berikut :



Di pabrik pengolahan air minum Ozon diproduksi ketika molekul oksigen ( $O_2$ ) terdissosiasi oleh sumber energi menjadi atom oksigen dan kemudian bertumbukan dengan molekul oksigen membentuk gas yang tidak stabil yaitu ozon ( $O_3$ ), yang digunakan untuk mendisinfeksi air. Kebanyakan pabrik pengolahan air menghasilkan ozon dengan menggunakan listrik arus bolak balik tegangan tinggi (6–20 kilovolt) sepanjang *dielectric discharge* yang mengandung bantalan gas oksigen. Ozon dihasilkan di tempat proses karena sifatnya yang tidak stabil dan mudah

terdekomposisi menjadi unsur oksigen dalam waktu singkat (USEPA, 1999).

Bau dan rasa pada air minum dapat disebabkan oleh beberapa hal. Bau dan rasa membentuk senyawa yang dapat hadir di dalam air baku, tetapi mereka juga dapat terbentuk selama pengolahan. Senyawa-senyawa ini kemungkinan merupakan turunan dari dekomposisi bahan tanaman, tetapi biasanya merupakan hasil dari aktivitas organisme hidup yang ada di dalam air. Senyawa anorganik seperti besi, tembaga dan seng juga dapat menimbulkan rasa. Kemungkinan lain adalah reaksi oksidasi kimia pada perlakuan menggunakan khlorin akan memicu rasa dan bau yang kurang menyenangkan. Ozon dapat mengoksidasi senyawa-senyawa pada kisaran 20–90% (tergantung pada jenis senyawa). Ozon lebih efektif untuk mengoksidasi senyawa-senyawa tak jenuh. *Geosmin* and *2-methylisoborneol* (*MIB*) adalah dua contoh senyawa bau yang resisten, yang sering ada di dalam air. Senyawa ini merupakan senyawa yang dihasilkan oleh alga dan mempunyai batas bau dan rasa yang rendah. Namun demikian, ozon dapat menghilangkan senyawa ini secara aktif.

Jika dilihat dari besaran angka lempeng total yang dihasilkan dari proses disinfeksi menggunakan ozon, maka perlakuan dengan konsentrasi ozon 0,3 ppm ke atas memenuhi persyaratan angka lempeng total untuk lini produksi, sedangkan perlakuan disinfeksi dengan konsentrasi ozon 0,1 ppm tidak memenuhi persyaratan angka lempeng total untuk lini produksi. Ini berarti bahwa jika disinfeksi hanya dilakukan menggunakan ozon, maka konsentrasi ozon yang digunakan harus tidak boleh kurang dari 0,3 ppm.

Tabel 2 menunjukkan bahwa efektivitas ozon dalam menginaktivasi mikroba yang ditunjukkan oleh angka lempeng total pada konsentrasi 0,3 ppm mencapai 3 log x (dalam hubungan dengan pengolahan air, 1 log inaktivasi menggambarkan 1 kredit inaktivasi). WHO (2006) *Guidelines for drinking water quality* menyatakan dasar penggunaan ozon untuk menghilangkan

mikroba seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Reduksi bakteri, virus & protozoa pada proses pengolahan air

| Proses | Patogen Enterik          | Basis Pengurangan  |
|--------|--------------------------|--|
| Ozon   | Bakteri                  | CT99:0,02mg.min/l pada suhu 5 °C,pH 6-7                                |
|        | Virus                    | CT99:0,9mg.min/l pada suhu 1 °C<br>0,3mg.min/l pada suhu 15 °C         |
|        | Protozoa Giardia         | CT99:1,9mg.min/l pada suhu 1 °C<br>0,63mg.min/l pada suhu 15 °C. pH 6- |
|        | Protozoa Cryptosporidium | CT99:40mg.min/l pada suhu 1 °C<br>4,4mg.min/l pada suhu 22 °C          |

Sumber : WHO(2006) *Guidelines for drinking water quality* (chapter 7, diolah).

Tabel 4. Inaktivasi bakteri gram positif oleh ozon pada air yg tidak mengandung ozon demand.

| Bakteri             | Ozon µg/mL       | pH  | Temp °C | Pengurangan Log10  |
|---------------------|------------------|-----|---------|--------------------|
| Bacillus megaterium | 0,19             |     | 28      | >2,0               |
| B.Cereus            | 0,12             |     | 28      | >2,0               |
| LeuconostochM       | 0,3-3,8          | 5,9 | 25      | 1,3-7              |
| Listeria M          | 0,2-1,8          | 5,9 | 25      | 0,7-7              |
| L.monocytogen       | 0,1 <sup>a</sup> | 7,2 | 25      | 60-70 <sup>b</sup> |
| Mycobacterium       | 0,23-0,26        | 7,0 | 24      | 1,0                |
| S. Aureus           | 0,3-1,97         | -   | -       | 4-6                |

Ket : <sup>a</sup> Phosphate Buffer  
<sup>b</sup> Persen sell rusak

Hasil percobaan di atas menunjukkan bahwa pengendalian terhadap konsentrasi ozon pada proses disinfeksi air minum dalam kemasan merupakan titik kendali kritis yang harus dikendalikan secara ketat. Kegagalan dalam mengendalikan konsentrasi ozon pada proses disinfeksi akan menyebabkan air minum dalam kemasan yang dihasilkan tidak aman untuk dikonsumsi karena mengandung cemaran mikroba dalam jumlah yang tidak dapat ditolerir oleh tubuh manusia. Jika disinfeksi hanya dilakukan menggunakan ozon maka konsentrasi ozon minimum pada saat kontak dengan air haruslah 0,3 ppm atau lebih. Jika konsentrasi ozon yang digunakan kurang dari 0,3 ppm maka harus ditambah dengan perlakuan disinfeksi tambahan misalnya penggunaan sinar UV.

Kepmenperindag Nomor : 705/2003 tentang persyaratan teknis industri air minum dalam kemasan mensyaratkan kadar ozon dalam tangki pencampur minimum 0,6 ppm. Kepmen tersebut juga mensyaratkan pemeriksaan terhadap kadar ozon di dalam tangki pencampur dan residu ozon sesaat setelah pengisian dilakukan secara periodik dan terdokumentasi.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Disinfeksi air menggunakan ozon dapat menghasilkan air dengan kandungan cemaran mikroba yang memenuhi persyaratan SNI .
2. Jika disinfeksi hanya dilakukan menggunakan ozon, maka konsentrasi ozon minimum untuk menghasilkan air minum dalam kemasan yang memenuhi persyaratan cemaran mikroba awal adalah 0,3 ppm.
3. Pengendalian terhadap konsentrasi ozon merupakan titik kendali kritis dalam proses disinfeksi air minum dalam kemasan.
4. Perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap persyaratan teknis proses produksi air minum dalam kemasan khususnya untuk persyaratan konsentrasi ozon minimum pada tangki pencampur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengawasan Obat dan Makanan. (2003). *Mutu Pangan*. Jakarta: Direktorat Surveilan dan Penyuluhan Keamanan Pangan. Deputi III-BPOM.
- Badan Pengawasan Obat dan Makanan. (2008). *Mutu Pangan*. Pengujian Mikrobiologi Pangan. InfoPom edisi Maret 2008 vol 9 Nomor 2.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). *SNI 01-3553-2006 Standar Nasional Indonesia Air minum dalam kemasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Brian, P.G. (tanpa tahun). *Total Dissolve Solids*.<http://www.water-research>.

- net/totaldissolvedsolids.htm(2 November 2010).
- Departemen Perindustrian dan Perdagangan. (2003). KepMen Perindustrian dan Perdagangan Nomor : 705/MPP/kep/11/2003. Jakarta : Departemen Perindustrian dan Perdagangan.
- Entjang, I. (2003). *Mikrobiologi dan Parasitologi untuk Akademi Kependidikan dan Sekolah Tenaga Kesehatan yang Sederajat*. Bandung : PT. Citra Aditya Bakti.
- Hoff,J.C. (1986). *Inactivation of Microbial Agents by Chemical Disinfectants*. EPA/600/2-86/067.
- Kantor Menteri Negara Urusan Pangan. (1996). *Undang Undang RI Nomor 7 tahun 1996 tentang Pangan*. Jakarta: Kantor Menpangan.
- Sigler, W.A., and Bauder, J. (2003). Montana State University Extension Water Quality Program Department of Land Resources and Environmental Sciences
- Swancara, J. (2007). Ozone as a Disinfectant. *Water Quality Products* 12(9).
- Song,Y.S., Al-Taherz, F. and Sadlerz, G. (2003). Migration of volatile degradation products into ozonated water from plastic packaging materials. *Food Additives and Contaminants* 20(10): 985–994.
- Tech Brief. (2000). Ultraviolet disinfection. a national drinking water clearing house fact sheet.
- Trevor, V., and Suslow. (2001). Water Disinfection A Practical Approach to Calculating Dose Values for Preharvest and Postharvest Applications. University of California Agriculture and Natural Researchs. Publication 7256.
- USEPA (1999). Ozone Disinfection, Waste Water Technology fact Sheet ,September, 1999.
- WHO (2006), Guidelines for drinking water quality, chapter 7.