



EFISIENSI OZONISASI AIR TANAH DALAM PROSES DESINFEKSI

Moh. Rangga Sururi¹, Kancitra Pharmawati² Eka Wardhani³ Sofi Widayani⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Lingkungan, ITENAS, Bandung

E-mail : ¹rangsoer@yahoo.com; ²kancitra@yahoo.com;
³ekw_wardhani@yahoo.com; ⁴widayani_ophiesofi@yahoo.com

ABSTRAK

Air yang layak minum harus memenuhi baku mutu air minum seperti yang tercantum dalam peraturan Menteri Kesehatan 907/MENKES/SK/VII/2002. Syarat bakteriologis dari peraturan tersebut mensyaratkan tidak ada kandungan coliform dan *Escherichia Coli* (E.Coli) pada air minum sedikitpun, sehingga dibutuhkan proses desinfeksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas ozon pada proses desinfeksi yang dilakukan pada air sampel alami berupa air tanah dangkal.. Penelitian ini menggunakan oksigen bebas dari udara yang dialirkan dengan debit 0.75 L/menit secara kontinu kepada ozon generator dengan daya 40000 volt. Ozon dalam bentuk gas dilarutkan dalam air yang tersimpan dalam kontaktor sistem *batch* dengan volume 1,5 liter. Pengukuran dilakukan pada waktu kontak 0,2,4 dan 6 menit, Dari penelitian ini diperoleh efisiensi penyisihan E.Coli mencapai 100% pada waktu kontak 2 menit, namun penyisihan coliform sampai dengan menit ke-6 hanya mencapai 78,18% . Pada menit ke-6 konsentrasi sisa ozon pada sampel mencapai 0,0288 mg/L .Karakteristik air akan mempengaruhi konsentrasi sisa ozon terlarut dalam air, serta akan mempengaruhi terjadinya kompetisi reaksi antara proses oksidasi dan proses desinfeksi.

Kata Kunci :coliform, E. Coli, konsentrasi sisa ozon,ozonisasi

PENDAHULUAN

Air minum merupakan kebutuhan hidup yang tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan sehari-hari. Air yang layak minum harus memenuhi baku mutu air minum seperti yang tercantum dalam peraturan Menteri Kesehatan 907/MENKES/SK/VII/2002. Syarat bakteriologis dari peraturan tersebut mensyaratkan tidak ada kandungan coliform dan *Escherichia Coli* (E.Coli) pada air minum sedikitpun. Bakteri koliform dijadikan indikator alami kehadiran materi fekal, yaitu jika pada suatu bahan atau benda didapatkan bakteri ini maka substrat atau benda tersebut sudah dikenal atau dicemari oleh materi fekal. (Suriawiria, 1995). E. Coli termasuk ke dalam golongan bakteri koliform. E. Coli

adalah bakteri mesofilik dan merupakan bakteri oportunistik yang banyak ditemukan di dalam usus besar manusia.

Untuk mendapatkan air minum yang tidak mengandung bakteri patogen, masyarakat memasak air bersih yang berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) maupun air tanah sampai mendidih. Saat ini air minum dalam kemasan (AMDK) telah menjadi salah satu solusi bagi pemenuhan air minum siap pakai yang memenuhi syarat kesehatan. Penggunaan AMDK mengalami peningkatan dari tahun ke tahun (AMPL, 2008). Harga AMDK dari pabrikan terkenal yang cukup tinggi menjadikan air minum isi ulang, yang didapatkan dari depo isi ulang air minum menjadi salah satu alternatif lain sebagai sumber air minum.

AMDK maupun usaha air minum isi ulang, umumnya menggunakan air tanah dan mata air sebagai air baku. Penggunaan sumber air baku tersebut karena ke-2 sumber memiliki kualitas yang baik. Proses desinfeksi yang digunakan pada AMDK dan usaha air minum isi ulang biasanya yaitu dengan ozonisasi. Ozon dianggap lebih efektif dan tidak menghasilkan bau dan rasa yang mengganggu sebagaimana desinfektan berbasis klor. Ozon dapat menyisihkan mikroorganisme yang sulit disisihkan seperti protozoa (von Gunten, 2003b).

Seperti halnya desinfektan lainnya ozon merupakan oksidator, sehingga didalam air ozon dapat mengoksidasi bahan-bahan yang terkandung dalam air. Ozon dengan nilai E° sebesar 2,07 volt merupakan salah satu oksidator kuat dalam air. Stabilitas dari ozon sangat tergantung pada karakteristik air yang diozonisasi terutama pH, tipe dan kandungan *natural organic matter* (NOM) serta alkalinitas dari air (Hoigne, 1994). Ozon merupakan bahan yang tidak stabil dalam air. Peluruhan ozon pada air alami sangat cepat, kemudian diikuti oleh fase kedua dimana ozon meluruh dengan orde reaksi pertama.

Studi ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas ozon pada proses desinfeksi yang dilakukan pada air sampel alami berupa air tanah dangkal. Pemilihan sampel alami dilakukan untuk mengkaji pengaruh karakteristik air terhadap efektifitas proses desinfeksi dengan ozon.

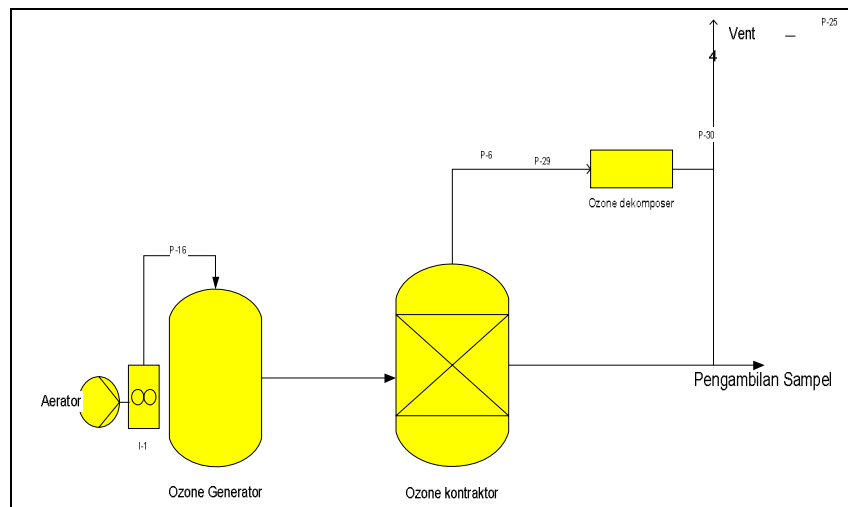
METODOLOGI PENELITIAN

PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

- Aerator digunakan untuk mensuplai udara ke ozon generator. Aerator dilengkapi dengan ozon *flow meter*. Pada penelitian ini laju udara yang disuplai ke ozon generator konstan sebesar 0,75 L/menit.
- Ozon generator digunakan untuk mengubah oksigen menjadi ozon. Sebelum dilewatkan pada ozon generator, udara dimampatkan terlebih dahulu. Ozon generator yang digunakan memiliki daya sebesar 4000 watt
- Ozon kontaktor. Kontaktor berupa reaktor yang digunakan untuk menampung sampel air sebesar 1,5 L. Pada kontaktor, ozon pada fase gas dilarutkan dan dikontakkan dengan sampel air.
- Ozon dekomposer, berupa larutan KI yang digunakan untuk memecah kelebihan ozon menjadi oksigen sebelum terlepas ke udara.

Rangkaian peralatan tersebut pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Peralatan Ozonisasi

PENGUKURAN KUALITAS SAMPEL AIR

Sampel air yang digunakan berasal dari air tanah Bunga Bakung di daerah Ciwastra. Parameter yang diukur diantaranya: pH, suhu, alkalinitas, kandungan bahan organik aromatik, dan kandungan Fe. Untuk mengetahui efektifitas proses desinfeksi dilakukan juga pemeriksaan kandungan koliform dan E.Coli pada sampel sebelum proses desinfeksi dilakukan.

PENGUKURAN KONSENTRASI SISA OZON

Metode yang digunakan untuk pengukuran konsentrasi sisa ozon, yaitu metode *indigo Colorimetric* (4500-O₃-B). Setelah pengukuran dengan spektrofotometer maka diperoleh data nilai absorban, yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus sehingga nilai konsentrasi sisa ozon pada masing-masing interval waktu kontak dapat diketahui.

Rumus konsentrasi sisa ozon, yaitu (APHA, 1998)

$$mg \ O_3 / L = \frac{50 \times \Delta A}{f \times b \times V}$$

Keterangan :

ΔA : Selisih absorban antara sampel dan blanko

b : panjang dari kuvet yang digunakan, cm \rightarrow 4,5 cm

V : volume sampel air, ml \rightarrow 45 ml

F : 0,42 (didasarkan kepada faktor sensitifitas dari 20.000/cm untuk perubahan dari absorban (600nm) per mol dari penambahan ozon per liter

Pengukuran konsentrasi sisa ozon dilakukan pada waktu kontak 2,4 dan 6 menit. Pemilihan waktu kontak yang singkat karena ozon merupakan oksidator yang kuat, karena itu proses desinfeksi terjadi secara cepat.

PENGUKURAN MIKROORGANISME

Pengukuran kandungan bakteri koliform dan E. Coli dilakukan pada waktu kontak 2,4 dan 6 menit. Metode yang digunakan untuk pengukuran bakteri koliform dan E. Coli adalah metode *Most Probable Number* (MPN) atau Jumlah Perkiraan Terdekat (JPT).

Metode MPN terdiri dari tiga tahap, yaitu uji pendugaan (*presumptive test*), uji konfirmasi (*confirmed test*), dan uji kelengkapan (*completed test*). Uji dugaan merupakan tes pendahuluan tentang ada tidaknya kehadiran bakteri koliform berdasarkan terbentuknya asam dan gas disebabkan karena fermentasi laktosa oleh bakteri golongan koliform. Uji ketetapan merupakan kelanjutan dari uji dugaan. Uji ketetapan ini dilakukan untuk mengetahui adanya bakteri golongan E. Coli. Uji kelengkapan merupakan pengujian yang dilakukan setelah uji ketetapan untuk menentukan bakteri E. Coli atau Coli fekal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

KARAKTERISTIK SAMPEL AIR

Hasil pengukuran karakteristik sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Fisik dan Kimia Sampel Air

Parameter Air	Sampel
Suhu (°C)	24,3
pH	5,25
Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)	167,45
UV ₂₅₄ (absorbansi)	0,101
Fe ²⁺	0,56
Coliform (MPN/100 ml)	1100
E.Coli (MPN/100 ml)	210

Pada Tabel 1 dapat dilihat parameter suhu berada pada suhu ruang dan pH yang cenderung asam. Nilai alkalinitas sampel sebesar 167,45 mg/L CaCO₃, Alkalinitas akan mempengaruhi stabilitas ozon dalam air karena merupakan inhibitor proses reaksi dekomposisi ozon yang merupakan reaksi berantai (Hoigne,1994; von Gunten,2003a).

UV₂₅₄ sebesar 10 m⁻¹. UV₂₅₄ merupakan parameter yang menyatakan kuantitas bahan organik aromatik dan senyawa tak jenuh dalam air, sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan keberadaan *precursor* dalam air (Beltrand, J Fernando, 1995). Bahan organik seperti lignin, humus dan senyawa aromatik, pada umumnya dapat diserap oleh radiasi UV (APHA, 1999).

Keberadaan besi dalam tanah selain berbentuk *ferric oksida* (FeO₂) dan besi sulfida (FeS₂) yang tidak larut, juga dalam bentuk senyawa yang mudah terlarut yaitu sebagai *ferrous carbonat* (Sawyer, 1994). Air tanah dengan kandungan karbondioksida (CO₂) yang cukup tinggi dapat bereaksi dengan *ferrous carbonat* (FeCO₃) menjadi *ferro* (Fe²⁺) yang dapat larut (besi terlarut). Karena itu dapat

dilihat pada Tabel 1 sampel memiliki kandungan Fe^{2+} yang cukup besar yaitu 0,56 mg/L .

Data kandungan coliform pada sampel sebesar 1100 MPN/100 mL sedangkan kandungan E. Coli sebesar 210 MPN/100 mL. Data tersebut menandakan telah tercemarnya sumber air yang seharusnya terlindungi. Berdasarkan hasil pengamatan hal ini diduga diakibatkan jarak sumber air dan fasilitas sanitasi kurang dari 10 meter seperti yang dianjurkan dalam standar.

EFEKTIFITAS OZONISASI PADA PENYISIHAN BAKTERI KOLIFORM DAN E. COLI PADA SAMPEL

Efektifitas ozonisasi sebagai desinfektan dilakukan melalui deteksi mikroorganisme indikator, yaitu bakteri koliform dan E. Coli. Pada Tabel 2 dapat dilihat hubungan antara efisiensi penyisihan coliform dan konsentrasi sisa ozon pada sampel pada waktu kontak 0, 2, 4 dan 6 menit.

Tabel 2. Waktu Kontak, Konsentrasi Sisa Ozon, Dan Efisiensi Penyisihan Coliform Dan E. Coli

Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Sisa Ozon (mg/L)	Coliform		E. Coli	
		Jumlah (MPN/100 ml)	Efisiensi Penyisihan (%)	Jumlah (MPN/100 ml)	Efisiensi Penyisihan (%)
0	0	1100	0	210	0
2	0,0203	460	58.18	0	100
4	0,0244	460	58.18	0	100
6	0,0288	240	78.18	0	100

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan E.Coli mencapai 100% pada waktu kontak 2 menit, namun penyisihan coliform sampai dengan menit ke-6 hanya mencapai 78,18% . Hasil ini menunjukkan adanya jenis bakteri coliform yang lebih resisten dibandingkan dengan E.Coli .

Berdasarkan penelitian yang dilakukan K. Bancroft (1983), konsentrasi ozon yang dibutuhkan untuk menyisihkan bakteri sebesar 90% adalah 0,32 mg/L pada sampel artifisial dengan nilai absorbansi UV_{254} sebesar 0,003 jauh dibawah nilai absorbansi UV_{254} dari sampel yang digunakan.

Selain akibat konsentrasi sisa ozon yang rendah, efisiensi yang tidak mencapai 100% dipengaruhi proses transfer ozon dari bentuk gas ke bentuk cair yang terjadi dengan lambat, bahkan lebih lambat dari proses desinfeksi yang terjadi (K.Bancroft et al, 1983). Hal lain yang mempengaruhi adalah terdapatnya bahan-bahan reduktor seperti bahan organik aromatik (UV_{254}) serta Fe^{2+} dalam sampel menyebabkan terjadinya kompetisi reaksi antara bahan organik, Fe^{2+} dan mikroorganisme untuk dapat bereaksi dengan ozon terlarut, artinya terdapat kompetisi antara reaksi oksidasi dan desinfeksi. Hal ini ditegaskan dengan nilai Fe^{2+} yang relatif tinggi yang melebihi dari baku mutu yang diijinkan.

KESIMPULAN

Ozon dapat berfungsi sebagai desinfektan dan oksidator. Efektifitas proses desinfeksi dipengaruhi oleh konsentrasi sisa ozon dalam air. Keberadaan ozon terlarut dipengaruhi oleh karakteristik air yang akan didesinfeksi. Karakteristik air akan mempengaruhi konsentrasi sisa ozon terlarut dalam air, serta akan mempengaruhi terjadinya kompetisi reaksi antara proses oksidasi dan proses desinfeksi.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA.,AWWA.,(1998), Standard methode for the examination of water and waste water 21th edition, American water works association.
- J Hoigne., Badder.(1994),Characterization of Water Quality Criteria For Ozonation Processes Part I:Minimal Set of Analytical Data, *Ozone science and engineering*, 16, 121-134.
- K. Bancroft., Chrostowki., Wright,Suffet., (1984), Ozonation and oxidation competion value, relationship to disinfection and microorganisms regrowth, *Water Research* 18, 473-478.
- Sawyer, Clair N, Perry L. McCarty, and Gene F. Parkin. 1994. Fourth Edition : Chemistry For Environmental Engineering. United Stated :MC Graw-Hill.
- Suriawiria, Unus. 1995. Pengantar Mikrobiologi Umum. Bandung : Angkasa.
- von Gunten., Urs, (2003a), Ozonation of Drinking Water: Part I. Oxidation Kinetics and Product Formation , *Water Research* 37, 1443-1467.
- von Gunten., Urs, (2003b), Ozonation of Drinking Water: PartII. Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine, *Water Research* 37, 1469-1487