Penghilangan Mikroorganisme dalam Air Minum dengan *Dielectric Barrier Discharge*

Ariadi Hazmi[1], Reni Desmiarti[2], Eka Putra Waldi[1], Arief Hadiwibowo[1] dan Darwison[1]
[1] Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
Kampus Limau Manis, Unand Padang
[2] Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta
Jl. Gajah Mada No.19, Olo Nanggalo Padang-25143
e-mail: ariadihazmi@yahoo.com

***Abstrak*— Mikoorganisme dalam air seperti *Escheria Coli* merupakan komponen yang sulit dihilangkan dalam sistem pengolahan air konvensional. Beberapa sistem yang telah diterapkan untuk mengurangi kadar mikroorganisme adalah dengan pemakaian disinfektan, penyaringan dengan membran dan penyerapan dengan karbon aktif. Sistem ini memiliki beberapa kelemahan, sehingga tidak semua mikrooragnisme dapat dihilangkan dari air minum. Sistem plasma merupakan suatu teknologi yang aplikatif untuk menghilangkan senyawa organik dan mikroorganisme dalam air minum. Dengan membuat plasma dalam air akan menghasilkan berbagai macam spesies aktif seperti OH^-, H^+, O_3 dan H_2O_2 yang memiliki tingkat oksidasi potensial yang tinggi dan menguraikan senyawa organik serta membunuh mikroorganisme dalam air secara signifikan. Makalah ini akan menjelaskan tentang penghilangan mikroorganisme dalam air minum dengan sistem plasma metode *dielectric barrier discharge* (DBD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH air minum yang dihasilkan dalam rentang 6,5–7,3. Semakin tinggi tegangan, semakin tinggi konduktivitas, temperatur dan ORP air minum. Efisiensi penghilangan kandungan mikroorganisme untuk Coli Tinja dan Coliform dalam rentang 99,2–100 % setelah air minum diinjeksi tegangan 13–17 kV selama 10 menit.**

Kata Kunci: ***Plasma, air minum, senyawa organik, mikroorganisme.***

Abstract*— Microorganisms such as Escherichia coli in water are a component that is difficult to remove in conventional water treatment systems. Several systems have been implemented to reduce levels of microorganisms is the use of disinfectants, the membrane filtration and activated carbon absorption. These systems have several weaknesses, so that not all microorganisms can be removed from drinking water. The plasma system is an applicable technology for removing organic compounds and microorganisms in drinking water. By creating plasma in water will produce several of active species such as OH^-, H^+, O_3 and H_2O_2 that has a high oxidation potential, decompose organic compounds and kill microorganisms in the water significantly. This paper will describe the removal of microorganisms in drinking water using a plasma system by the method of dielectric barrier discharge (DBD). The results showed that the pH of drinking water produced in the range 6.5 to 7.3. The higher voltage causes the higher the conductivity, temperature and ORP water. Removal efficiency for the content of microorganisms Coli Fecal and Coliform in the range 99.2 to 100% after water was injected voltage of 13-17 kV for 10 minutes.

Keywords: Plasma, drinking water, organic compound, microorganism.

I. PENDAHULUAN

Pemilihan teknologi pengolahan air minum yang tepat perlu dipertimbangkan baik dari segi efisiensi dan ekonomi. Pengolahan air minum konvensional seperti penggunaan disinfektan, penyaringan dengan membran, sinar Ultraviolet dan karbon aktif, tidak dapat menjamin menghasilkan air minum dengan kualitas yang baik sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Hasil penelitian menunjukkan masih adanya kandungan mikroorganisme yang terdapat pada air minum terutama pada depot-depot air minum isi ulang (Hazmi dkk., 2010).

Plasma adalah gas terionisasi. Plasma terdiri dari ion positif dan negatif (elektron) dan juga spesies netral. Derajat ionisasi bisa dikontrol dengan tegangan yang diaplikasikan. Plasma juga disebut sebagai material ke empat selain material cair, padat dan gas. Dengan membuat plasma dalam air akan dihasilkan berbagai macam spesies aktif seperti OH^-, H^+, O_3 dan H_2O_2 (Joshi dkk, 1995; Sun dkk, 1997). Hampir seluruh spesies aktif ini memiliki tingkat oksidasi potensial yang tinggi yang berpotensi dalam menguraikan kandungan senyawa organik dalam air. Disamping itu, plasma juga menghasilkan sinar ultraviolet dan gelombang kejut yang juga berpotensi menguraikan kandungan senyawa organik dalam air secara signifikan (Robinson dkk, 1973).

Penomena plasma dalam air umumnya terjadi dari dua fasa yaitu fasa *prebreakdown* (*streamer, corona discharge*) dan fasa breakdown (*arc discharge, spark*). Kedua fasa ini dalam air sangat komplek dan bervariasi. Clements dkk (1987) melaporkan bahwa ada dua faktor penting dalam proses fasa *prebreakdown* yaitu konduktivitas dalam air

dan tegangan listrik yang diberikan pada elektroda dalam air. Sedangkan Sharbauh dkk (1978) melaporkan mekanisme *breakdown* dalam air ada dua teori yaitu teori gelembung udara dan teori pergerakan elektron. Dari penelitian yang dilakukan Sugiarto (2003) dilaporkan bahwa teori gelembung udara merupakan teori yang paling tepat menjelaskan mekanisme pembentukan *streamer* dalam air.

Dewasa ini, proses dengan tegangan tinggi (plasma) untuk pengelolaan zat pencemar yang terkandung dalam air telah dikembangkan. Karena benturan elektron energi tinggi dengan molekul menghasilkan radikal hydroksil yang aktif. Kombinasi radikal ini dengan hampir semua senyawa organik adalah sangat efisien. Proses ini mempunyai efek sinergis dalam mendegradasi senyawa organik dan juga dalam sterilisasi. Sehingga metoda ini dianggap sebagai alternatif yang menjanjikan untuk pengelolalan polutan. Ini dikarenakan radikal hydroksil sangat *powerfull* yang mempunyai potensi membunuh bakteri dan mengoksidasi senyawa organik (Sato dkk, 2007).

Pengolahan air minum dengan sistem plasma dapat menggantikan pemakaian klorin dan karbon aktif yang biasa digunakan untuk membunuh mikroorganisme dan menghilangkan kandungan senyawa organik yang berbahaya yang ada dalam air minum. Tegangan tinggi merupakan parameter yang sangat berpengaruh dalam sistem plasma. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tegangan tinggi terhadap penghilangan kandungan mikroorganisme dalam air minum. Beberapa parameter tambahan seperti pH, ORP dan konduktifitas juga dipaparkan dalam makalah ini.

Makalah ini melaporkan hasil penelitian mengenai penghilangan E-coli dengan metode *dielectric barrier discharge* (DBD) pada sistem plasma. Metode ini memiliki kelebihan dibanding dengan metode sistem plasma lain. Metode DBD antara lain tidak menimbulkan suara yang bising, air dan elektroda tidak terjadi kontak langsung sehingga tidak menimbulkan korosi di dalam air.

II. METODOLOGI

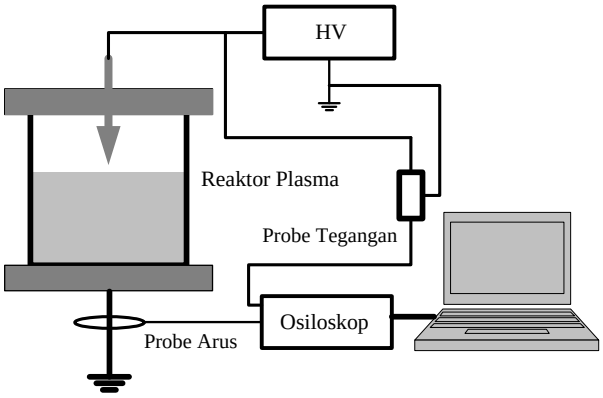
Sistem plasma metode DBD dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Peralatan penelitian yang dipakai terdiri dari sumber tegangan tinggi (HV), reaktor plasma, elektroda jarum-bidang, probe tegangan dan arus, osiloskop dan komputer.

A. Sumber Pulsa

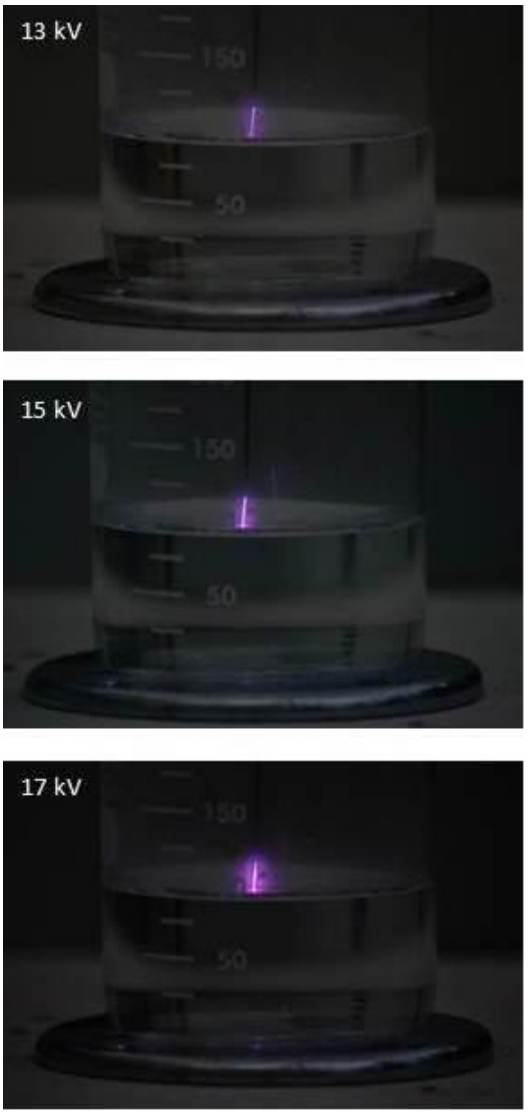
Generator tegangan tinggi AC digunakan untuk membangkitkan plasma dalam air. Derajat ionisasi atau mode plasma dikontrol dengan memvariasikan input tegangan AC yang diberikan yang berkisar antara 13, 15 dan 17 kV. Elektroda jarum dihubungkan dengan sisi tegangan tinggi AC dan elektroda bidang dihubungkan ke ground. Tegangan dan arus diukur dengan menggunakan osiloskop (Tektronik TDS220) melalui probe tegangan tinggi (Tektronix P6015A) dan probe arus (Fluke 80i). Perubahan *luminosity* plasma terhadap variasi tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.

B. Reaktor

Reaktor terbuat dari glas dengan elektroda jarum yang dihubungkan dengan tegangan tinggi AC ditempatkan dibagian atas reaktor dan elektroda bidang yang dihubungkan ke ground ditempatkan dibagian bawah reaktor.



Gambar 1. Skema sistem penelitian



Gambar 2. *Luminosity* plasma terhadap variasi tegangan

C. Bahan dan Analisis Sampel

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari sumur penduduk di Komplek Kuranji Permai Padang

dengan alasan air sumur ini dipergunakan oleh penduduk untuk kegiatan rumah tangga. Analisis sampel di lakukan di Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat karena laboratorium ini sudah terakreditasi. Sedangkan analisa pH dengan pH meter, konduktivitas dengan conductivity meter dan ORP dengan ORP meter keluaran Hanna Instrument.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Kualitas Air Sumur*

Kualitas air sumur penduduk di Komplek Kuranji Permai ditampilkan pada Tabel 1. Hasil pemeriksaan sampel air sumur penduduk menunjukkan nilai MPN Coli Tinja masih diatas baku mutu air bersih. Hal ini disebabkan septik tank yang digunakan masyarakat masih tradisional, menyebabkan air sumur terkontaminasi dengan mikroorganisme.

B. *Pengaruh Tegangan Terhadap pH*

Pengaruh pulsa tegangan terhadap pH ditampilkan pada Gambar 3. Hasil pengamatan menunjukkan semakin tinggi tegangan tidak terlalu berpengaruh terhadap pH sistem. pH rata-rata masih berada pada rentang 6,5-7,3 dan masih berada pada batasan baku mutu yang telah ditetapkan.

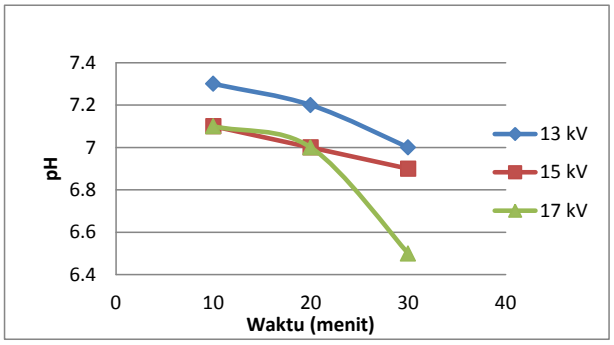
C. *Pengaruh Tegangan Terhadap Konduktivitas*

Gambar 4 menampilkan pengaruh tegangan terhadap konduktivitas. Konduktivitas merupakan nilai kandungan ion-ion yang terdapat dalam air atau ukuran terhadap konsentrasi total elektrolit dalam air yang berkaitan dengan kemampuan air di dalam menghantarkan arus listrik. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi tegangan, nilai konduktivitas air semakin tinggi. Nilai konduktivitas air bervariasi dari 128 sampai 140 µS/cm untuk nilai tegangan 13, 15 dan 17 kV. Hal ini menunjukkan ion-ion yang terdapat dalam air jumlahnya semakin meningkat. Meningkatnya kandungan ion yang ada dalam air dipengaruhi oleh tegangan dan terbentuknya banyak species aktif di dalam air yang diawali *discharge* gas yang berada di dalam air. Hal lain yang mempengaruhi nilai konduktivitas adalah temperatur seperti yang ditampilkan pada Gambar 5. Peningkatan konduktivitas karena kenaikan tegangan juga berkorelasi dengan kenaikan temperatur pada tegangan 17 kV.

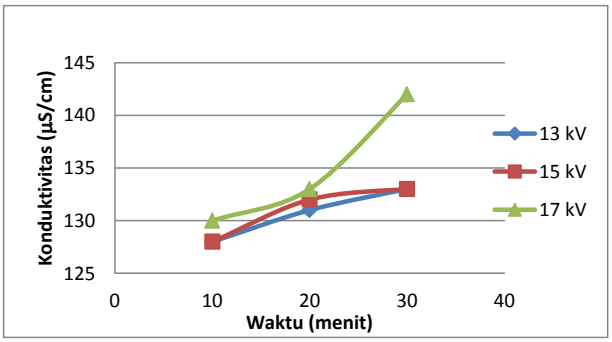
TABEL I
KUALITAS AIR SUMUR

Parameter	Satuan	Sampel	Baku Mutu*
pH		6,2	6-9
DO	mg/L	6,5	-
Konduktivity	µS	137	-
Temperatur	^{o}C	27,5	± 3°C suhu alami
ORP	mV	210	-
Besi (Fe)	mg/L	0,129	1,0
Mangan (Mn)	mg/L	0,12	0,5
Fenol	mg/L	<0,0005	0,01
MPN Coli Tinja	/100 mL	12	0
MPN Coli Form	/100 mL	27	0

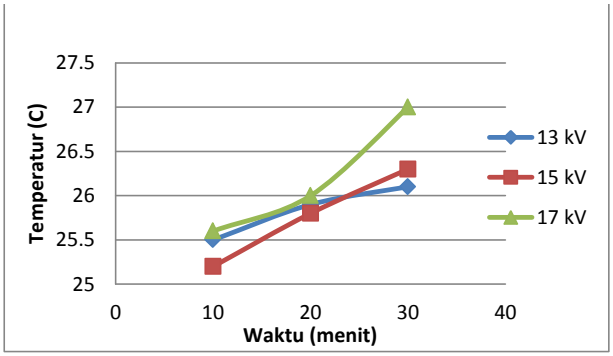
*) SYARAT MAKSIMUM AIR BERSIH KEPMENKES NO. 1205/MENKES/PER/X/2004



Gambar 3. Pengaruh tegangan terhadap pH



Gambar 4. Pengaruh tegangan terhadap konduktivitas

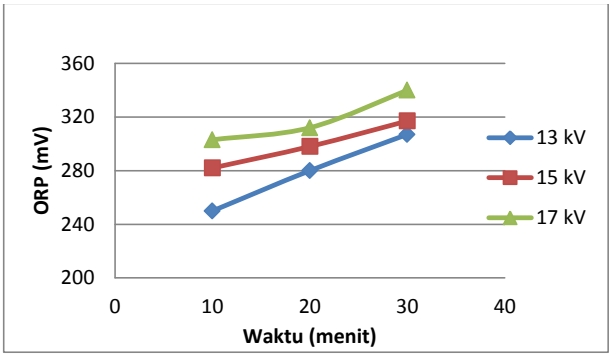


Gambar 5. Pengaruh tegangan terhadap temperatur

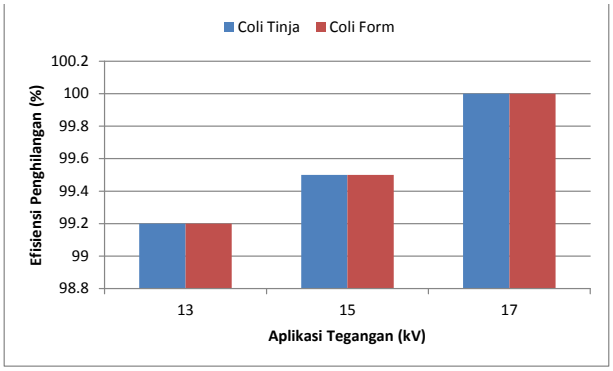
D. *Pengaruh Pulsa Tegangan Terhadap ORP*

Oxidation Reduction Potential (ORP) adalah tegangan dimana oksidasi terjadi pada anoda (positif) dan reduksi terjadi pada katoda (negatif) pada sel elektrokimia. ORP diukur dengan satuan volt (V) atau millivolt (mV). Secara sederhana untuk mikroorganisme, reaksi oksidasi menggambarkan elektron meninggalkan membran sel, hal ini menyebabkan sel tidak stabil dan rusak sehingga membran sel akan mati. Suslow (2004) menemukan ORP merupakan cara yang dikembangkan untuk memonitor kandungan mikroorganisme yang ada dalam air.

Pengaruh tegangan terhadap ORP dapat dilihat pada Gambar 6. *Oxidation Reduction Potential* (ORP) merupakan nilai kemampuan sistem melakukan reaksi oksidasi reduksi di dalam air. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi tegangan, ORP juga semakin meningkat. Hal ini menunjukkan semakin tinggi ORP,



Gambar 6. Pengaruh tegangan terhadap ORP



Gambar 7. Efisiensi penghilangan E-Coli

semakin mudah reaksi oksidasi terjadi dan semakin banyak membran sel yang rusak dan mati. Suslow (2004) menemukan semakin tinggi ORP air, semakin pendek waktu yang diperlukan untuk membunuh bakteri E. Coli dan Salmonella spp. yang banyak terdapat dalam air minum. Hasil ini juga didukung oleh analisa kandungan Coli Tinja dan Coli Form setelah diberi tegangan seperti ditampilkan pada Gambar 7**.** Untuk Coli Tinja dan Coli Form, efisiensi penghilangan meningkat dari sebesar 99,2; 99,5 sampai 100 % pada tegangan 13, 15 dan 17 kV selama 10 menit untuk masing-masing tegangan yang diijeksikan pada reaktor.

IV. KESIMPULAN

Kandungan mikroorganisme harus dihilangkan dari air minum. Salah satu alternatif penghilangan mikroorganisme dalam air minum adalah dengan metode DBD atau lebih dikenal dengan sistem plasma *silent discharge*. Hasil penelitian menunjukkan, pH air minum yang dihasilkan dalam rentang 6,5–7,3. Semakin tinggi tegangan, semakin tinggi konduktivitas, temperatur dan ORP air minum. Efisiensi penghilangan kandungan mikroorganisme untuk Coli Tinja dan Coli Form dalam rentang 99,2–100 % setelah air minum diinjeksi tegangan 13–17 kV selama 10 menit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Fundamental dengan No. Kontrak 027/UN16/PL/MT-FD/2012.

DARTAR PUSTAKA

[1] Hazmi A., Desmiarti R., Bayu H., Lilla. 2010. Pengolahan air limbah dengan sistem plasma: Studi Literatur, Proceeding KonNas PBKL-2010 ISSN: 2087-6343. Padang 4-5 Nov. 2010.

[2] Clements J. S, M. Sato, R. H. Davis. 1987. Preliminary Investigation of Prebreakdown and Chemical Reaction Using a Pulseed High Voltage on Industrial Aplication, Vol. 1A-23, No. 2.

[3] Joshi A. A, B. R. Locke, P. Arce, W. C. Finney. 1995. Formation of Hydroxyl Radical, Hydrogen Peroxide and Aqueous Electrons by Pulsed Streamer Corona Discharge in aqueous solution, J. Hazard Materials, Vol. 44.

[4] Robinson J. W, M. Ham, A. N. Balaster. 1973. Ultraviolet Radiation from Electrical Discharges in Water, J. Applied Physics, Vol. 44.

[5] Sato, M et al. 2007. Decomposition of Phenol in Water Using Water Surface Plasma in Wetted-wall Reactor, International Journal of Plasma Environmental Science & Technology Vol. 1, No. 1.

[6] Sharbauh A. H, J. C. Devins, S. J. Rzad (1978). Progress in the Field of Electric Breakdown in Dielectric Liquids, IEEE Trans. Electr. Insul., Vol. EI-13, No. 4.

[7] Sugiarto A. T. 2003. Electrical Discharge (Plasma) dalam Air, Widya Riset.

[8] Sugiarto A. T. 2006. Electrical Discharge dalam Air dan Aplikasinya dalam Pengukuran Senyawa Organik, Prosiding Seminar Nasional Tenaga Listrik dan Mekanik, Bandung.

[9] Sun B., M. Sato, J. S. Clements. 1997. Optical Study of Active Species Produced by a Pulsed Streamer Corona Discharge in Water, J. Electrostatics, 39.

[10] Suslow, T. 2004. Oxidation-Reduction Potential (ORP) for Water Disinfection Monitoring, Control, and Dokumentation, ANR Publication 8149.