

## PERBANDINGAN HASIL DISINFEKSI MENGGUNAKAN OZON DAN SINAR ULTRA VIOLET TERHADAP KANDUNGAN MIKROORGANISME PADA AIR MINUM ISI ULANG

Oleh :

Dedeh Rosmaniar Sofia

Dosen Departemen Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Al-Ghifari, Bandung

e-mail: [dedeh.rosmaniar.sofia@gmail.com](mailto:dedeh.rosmaniar.sofia@gmail.com)<sup>1)</sup>

### Abstrak

Salah satu indikator air minum yang digunakan aman untuk kesehatan adalah kandungan mikrobiologi. Air minum yang aman adalah kandungan mikrobiologinya 0 koloni/ 100ml. Adanya mikrobiologi pada air minum menunjukkan bahwa dalam satu atau lebih tahap pengolahan air minum pernah mengalami kontak dengan cemaran yang mengandung mikrobiologi. Disinfeksi merupakan metoda untuk membunuh mikrobiologi yang terkandung dalam air minum. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil disinfeksi menggunakan ozon dengan sinar ultraviolet terhadap kandungan mikrobiologi pada air minum isi ulang. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode penelitian observasional. Parameter yang diamati adalah suhu, pH dan total mikrobiologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH menunjukkan terjadi penurunan dari hari ke hari, hal ini disebabkan karena reaksi kimia dan aktivitas mikrobiologi.

TPC pada proses disinfeksi menggunakan ozon diketahui bahwa nilai TPC yang terkecil yaitu 1 koloni/100 ml pada hari kedua, hal ini disebabkan reaksi ozon dalam air dimana  $H_2O_2$  dan  $(OH^*)$  merupakan oksidator yang sangat kuat baru bekerja optimal pada hari kedua kemudian akan meningkat sampai 13 koloni / 100 ml pada hari ke 5. TPC pada proses disinfeksi menggunakan sinar UV pada hari pertama nilai TPC paling kecil yaitu 1 koloni/100 ml tetapi pada hari berikutnya TPC cenderung meningkat sampai 18 koloni/ 100 ml pada hari ke 5.

Kata Kunci: Air minum isi ulang, Disinfeksi, Mikroorganisma, Ozon, Sinar Ultraviolet (UV).

### Abstract

*One indicator of drinking water that is used safely for health is the content of microorganisms. Safe drinking water contains 0 colonies / 100ml microorganisms. The presence of microorganisms in drinking water shows that in one or more stages of drinking water treatment has been in contact with contaminants containing microorganisms. Disinfection is a method for killing microorganisms contained in drinking water. This study was conducted to compare the results of disinfection using ozone with ultraviolet light to the content of microorganisms in refill drinking water. The research method used is an observational research method. The parameters observed were temperature, pH and total microorganisms. The results showed that pH showed a decrease from day to day, this was due to chemical reactions and microorganism activity.*

*TPC in the ozone disinfection process is known that the smallest TPC value is 1 colony / 100 ml on the second day, this is due to the ozone reaction in water where  $H_2O_2$  and  $(OH^*)$  are very strong oxidizers which work optimally on the second day and then increase up to 13 colonies / 100 ml on day 5. TPC in the disinfection process using UV light on the first day the smallest TPC value was 1 colony / 100 ml but on the following day TPC tended to increase to 18 colonies / 100 ml on day 5.*

*Keywords: Disinfection, Microorganisms, Ozone, Refill drinking water, Ultraviolet (UV) Rays.*

## PENDAHULUAN

Ketersediaan air minum dipertkotaan selain memenuhi persyaratan air minum berdasarkan Permenkes RI Nomor 492/ MENKES/ PER/ IV/ 2010, juga harus mudah diperoleh. Disamping tersedia dimana-mana, juga praktis dan tidak memerlukan pengolahan lagi. Di Indonesia terutama di perkotaan air minum dikelola negara yaitu Perusahaan Air Minum PAM. Air yang dihasilkan PAM sudah memenuhi persyaratan air minum tetapi karena pada saat pendistribusian menggunakan perpipaan yang sangat panjang dan masih ditemukan adanya kebocoran, maka pemerintah menghimbau kepada masyarakat untuk mendidihkan air tersebut sebelum digunakan sebagai air minum.

Ada pula masyarakat yang menggunakan air tanah yaitu dengan sumur atau sumur bor yang belum tentu memenuhi syarat air minum. Karena keterbatasan pelayanan air minum dari PAM dan air tanah yang sudah banyak tercemar dan terbatas terutama pada saat musim kemarau, maka mulai banyak perusahaan yang menjual air minum dengan menggunakan kemasan. Walaupun air kemasan ini relatif lebih mahal dibandingkan dengan air PAM, tetapi air minum kemasan ini relatif lebih praktis, higienis dan mudah didapatkan dimana-mana.

Akhir-akhir ini di masyarakat banyak terdapat depot air minum isi ulang yang menawarkan jasa kepada konsumen untuk mengisi air minum pada gallon yang dimiliki oleh konsumen walaupun dari berbagai merk. Harga yang ditawarkan oleh depot air minum isi ulang ini relatif murah jika dibandingkan dengan membeli air minum dalam kemasan yang diproduksi oleh industri skala besar. Air

minum isi ulang adalah air yang sudah diolah yang berasal dari mata air yang telah melewati tahapan dalam membersihkan kandungan airnya dari segala kuman dan bakteri yang terkandung di dalamnya tanpa harus dimasak (cara tradisional), sehingga air tersebut dapat langsung diminum. Karena konsumen yang mengkonsumsi air yang telah melalui produksi ini biasanya menggunakan galon air dari beberapa merk, sehingga dinamakan air isi ulang.

Metode untuk membunuh kuman (disinfeksi) untuk air minum isi ulang yang sudah ada adalah menggunakan metode ozonisasi dan metode sinar ultra violet. Penelitian ini untuk membandingkan hasil akhir kandungan mikrobiologis dari kedua metode disinfeksi yang menggunakan ozon dengan ultraviolet dimana yang menjadi obyek penelitiannya adalah depot air minum isi ulang yang menggunakan ozonisasi dan sinar ultra violet.

## Disinfeksi

### 1. Ozon

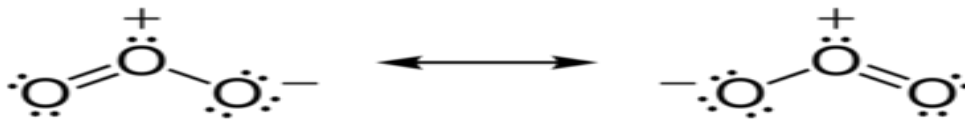
Ozon pertama kali ditemukan oleh C.F. Schönbein pada tahun 1840. Penamaan ozon diambil dari bahasa Yunani *ozein* (ὄζειν) yang berarti "to smell" atau bau. Ozon merupakan senyawa yang mampu membunuh bakteri dan mempunyai data oksidasi kuat. Sejak beberapa dekade terakhir beberapa negara di Eropa telah memanfaatkan ozon untuk mengolah air minum, demikian juga Amerika dan bahkan Jepang. Ozon bersifat bakterisida, virusida, algisida, fungisida, serta mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Sedangkan sifat-sifat fisika – kimia ozon antara lain :

**Tabel 1. Sifat fisik – kimia ozon.**

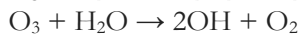
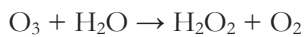
Keterangan	Nilai
Rumus Kimia	O <sub>3</sub>
Berat molekul, M	47,998 g/mol
Penampilan	Gas berwarna kebiruan
Titik Lebur, °K	80,7
Titik didih, °K	161,3
Volume, ml/mol	147,1
Tegangan permukaan pada 90 °K, dyne/cm	58,4
Kelarutan dalam air	0,105 g/100 ml (0°C)

Ozon dengan kemampuan oksidasinya dapat membunuh berbagai macam mikroorganisma seperti bakteri *Escherichia*, *Salmonella enteriditus*, serta berbagai bakteri pathogen lainnya. Melalui proses oksidasi, ozon akan merusak

dinding bagian luar sel mikroorganisma (cell lysis) sekaligus membunuhnya. Juga melalui proses oksidasi oleh radikal bebas seperti hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dan hydroxyl radical (•OH) yang terbentuk ketika ozon terurai dalam air :

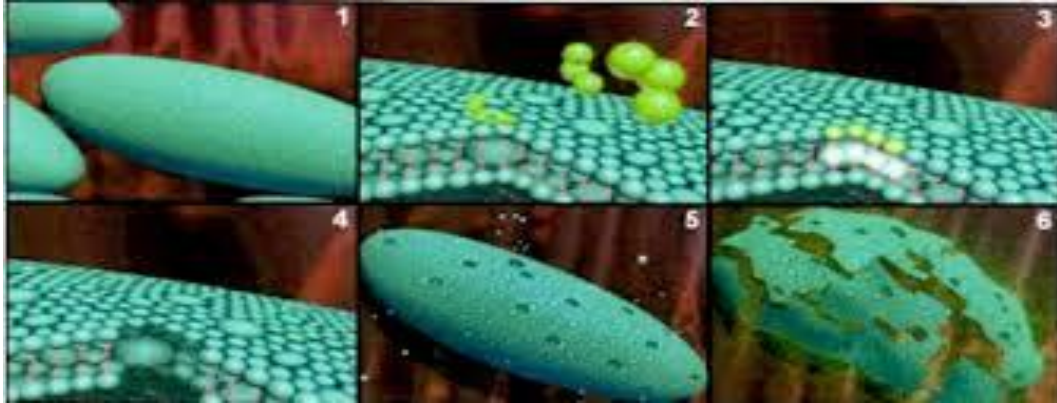


ikatan kimia ozon



Cara kerja •OH sendiri adalah dengan mereduksi atau menempel pada dinding sel bakteri yang lama kelamaan akan

terjadi lubang pada dinding sel bakteri dan pada akhirnya bakteri akan rusak dan mati.



Gambar 1. Efek ozon pada bakteri.

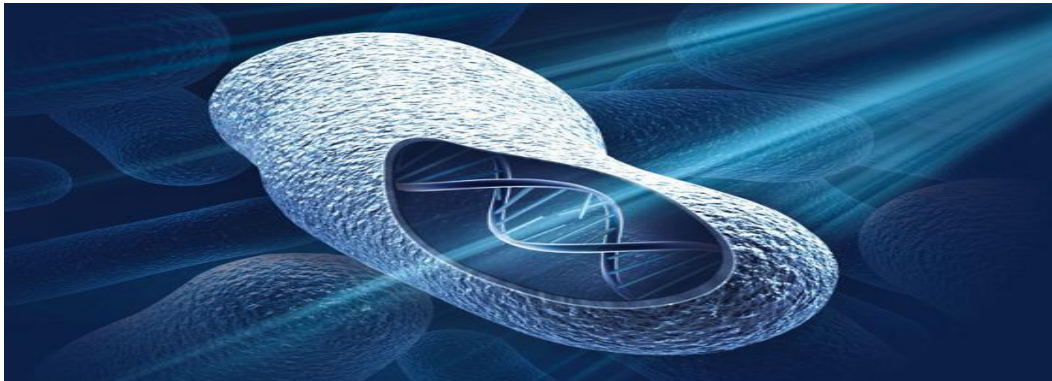
## 2. Sinar Ultraviolet

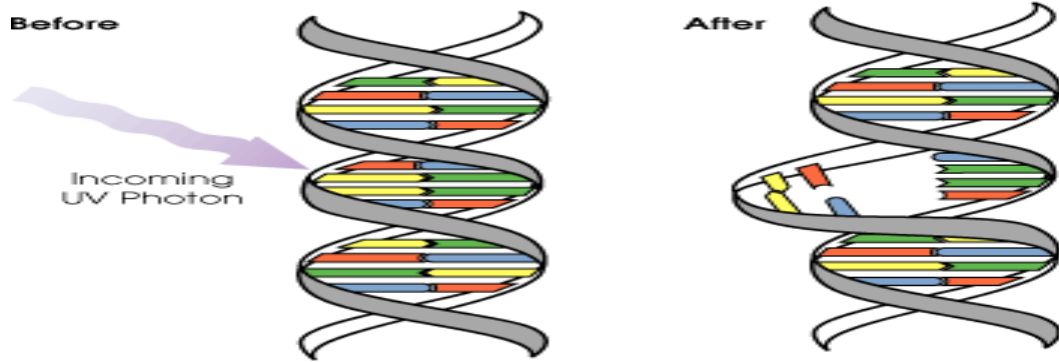
Sinar Ultraviolet merupakan suatu bagian dari spektrum elektromagnetik dan tidak membutuhkan medium untuk merambat. Sinar ultraviolet mempunyai rentang panjang gelombang antara 400 – 100 nm yang berada diantara spektrum sinar X dan cahaya tampak (EPA,1999).

Sinar UV efektif digunakan untuk membunuh bakteri *Esherichia coli* dan semua coliform (Graham,2005). Radiasi sinar ultraviolet merupakan suatu sumber energy yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganismenya dan mengubah komposisi asan nukleatnya. Absorpsi

ultraviolet oleh DNA (atau RNA pada beberapa virus) dapat menyebabkan mikroorganismenya tersebut tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul – molekul pirimidin (Snider et al, 1991). Sel yang tidak mampu melakukan replikasi akan kehilangan sifat patogenitasnya. Radiasi ultraviolet yang diabsorpsi oleh protein pada membrane sel akan menyebabkan kerusakan membrane sel dan kematian sel.

Sinar UV yang digunakan sebagai disinfektan dalam proses pengolahan air minum menggunakan radiasi gelombang pendek yaitu dengan panjang gelombang 200 – 295 nm.





### 3. Bakteri Indikator Keamanan Air Minum

Sesuai dengan Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan; Pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, peairan dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukan sebagai makanan dan minuman bagi konsumsi manusia, termasuk tambahan pangan, bahan baku pangan dan bahan yang dipergunakan dalam proses penyiapan, pengolahan dan/atau pembuatan makanan atau minuman.

Keamanan pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lainnya yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentang dengan agama, keyakinan dan budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi. Sanitasi pangan adalah upaya untuk menciptakan dan mempertahankan kondisi pangan yang sehat dan higienis

yang bebas dari bahaya cemaran biologis, kimia dan benda lain.

Bakteri merupakan salah satu indikator sanitasi pangan yang menunjukkan bahwa air tersebut aman untuk dikonsumsi. Adanya bakteri dalam air menunjukkan bahwa dalam satu atau lebih tahap pengolahan air pernah mengalami kontak dengan cemaran yang mengandung bakteri.

Koliform merupakan suatu grup bakteri yang digunakan sebagai indikator cemaran yang tidak baik terhadap air. Bakteri koliform di dalam minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik dan atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan.

Bakteri koliform dapat dibedakan menjadi 2 grup yaitu (a) koliform fecal misalnya *Escherichia coli* dan (b) koliform nonfecal misalnya *Enterobacter aerogenes* oleh karena itu standar air minum mensyaratkan *Escherichia coli* dan total koliform harus nol, sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomer 492/Menkes/Per/IV/2010

Tabel 2. Standar kandungan mikroorganismen pada air minum

**Lampiran**  
**Peraturan Menteri Kesehatan**  
**Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010**  
**Tanggal : 19 April 2010**

**PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM**

**I. PARAMETER WAJIB**

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0

**METODE PENELITIAN**

**Bahan**

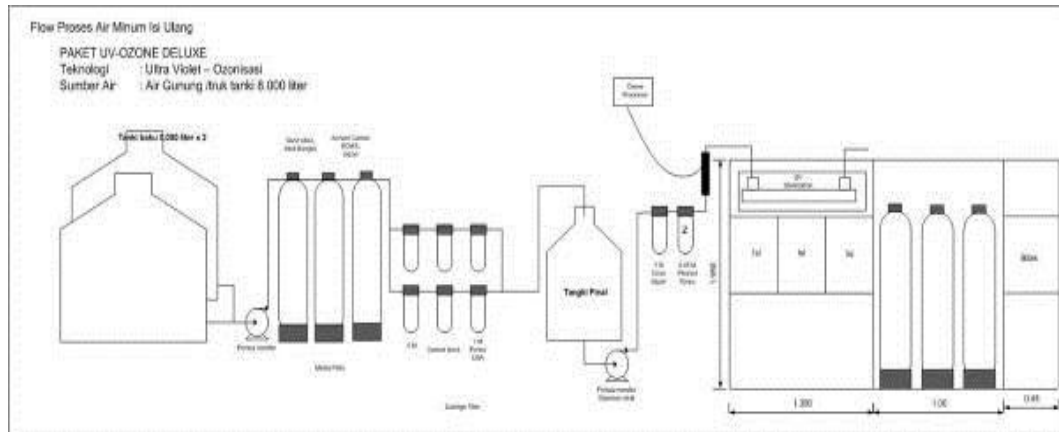
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Air minum isi ulang yang didapatkan dari 3 depot air minum isi ulang yang menggunakan desinfektan ozon di daerah Bandung Selatan.



Gambar 2. Proses pembuatan air minum isi ulang dengan metode disinfeksi ozon.

2. Air minum isi ulang yang didapatkan dari 3 depot air minum isi ulang yang menggunakan desinfektan sinar ultraviolet di daerah Bandung Selatan.



Gambar 3. proses pembuatan air minum isi ulang menggunakan desinfektan sinar ultraviolet.

3. Agar-agar untuk media tumbuh bakteri. Media padat yang digunakan adalah Plate Count Agar (PCA).

#### Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Botol untuk sampel air minum isi ulang, gelas kimia, gelas ukur, neraca analisa, kawat mikron, pipet mikron, labu erlenmeyer, autoclave, cawan petri, inkubator, pH meter dan alat penghitung koloni (colony counter).

#### Metodologi

Penelitian ini merupakan jenis penelitian observasional. Penelitian ini dipilih karena peneliti hanya melakukan pengukuran dan pengamatan tanpa melakukan intervensi. Hasil dari pengukuran dan pengamatan dari masing – masing metode disinfeksi akan dibandingkan. Penelitian dimulai dengan memilih Depot air minum isi ulang yang satu frencise, sehingga mempunyai persamaan dalam proses, peralatan, cara pengolahan dan sumber bahan baku airnya. Selanjutnya pengambilan sampel, sampel yang diambil terdiri dari air baku yang belum didisinfeksi dan air minum yang sudah didisinfeksi. Sampel dimasukkan ke dalam botol kemasan sebanyak 5 botol, hal ini dilakukan pada 3 depot air minum isi ulang pada setiap metode disinfeksi yang sama .

Pengambilan semua sampel ini dilakukan pada hari pertama. Dimana

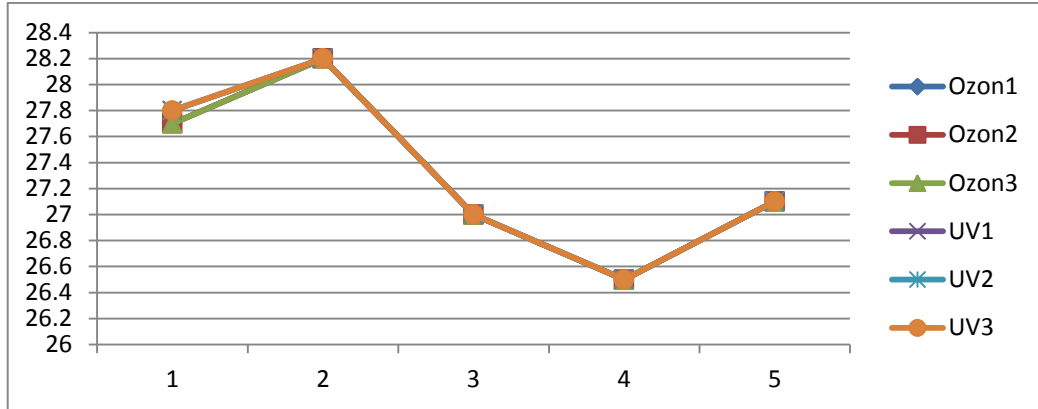
botol I = akan dianalisis pada hari pertama, botol II = akan dianalisis pada hari kedua , botol III = akan dianalisis pada hari ketiga, botol IV = akan dianalisis pada hari keempat dan botol V = akan dianalisis pada hari kelima. Masing-masing perlakuan dilakukan untuk 3 depot yang berbeda, hal ini juga sama perlakuannya terhadap sampel air minum isi ulang dengan disinfektan sinar UV.

Suhu diukur menggunakan thermometer dengan mencelupkan probe pada sampel maka akan terlihat angka suhu dalam °C, pH diukur menggunakan alat pHmeter yaitu dengan mencelupkan electrode ke dalam sampel, maka akan terlihat nilai pH di monitor. Analais mikroorganisma yaitu dengan menggunakan metode kuantitatif yang dikenal dengan Total Plate Count (TPC).

Metoda Uji Total Plate Count (TPC) dilakukan dengan beberapa tahap :

- a. Homogenisasi sampel, sebagai tahap pendahuluan dalam pengujian yang berguna untuk membebaskan sel bakteri yang mungkin terlindung partikel sampel dan untuk memperoleh distribusi bakteri sebaik mungkin.
- b. Tahap pengenceran, menggunakan larutan pengencer yang berfungsi untuk menggiatkan kembali sel – sel bakteri yang mungkin kehilangan vitalitasnya karena kondisi di dalam sampel yang kurang menguntungkan.





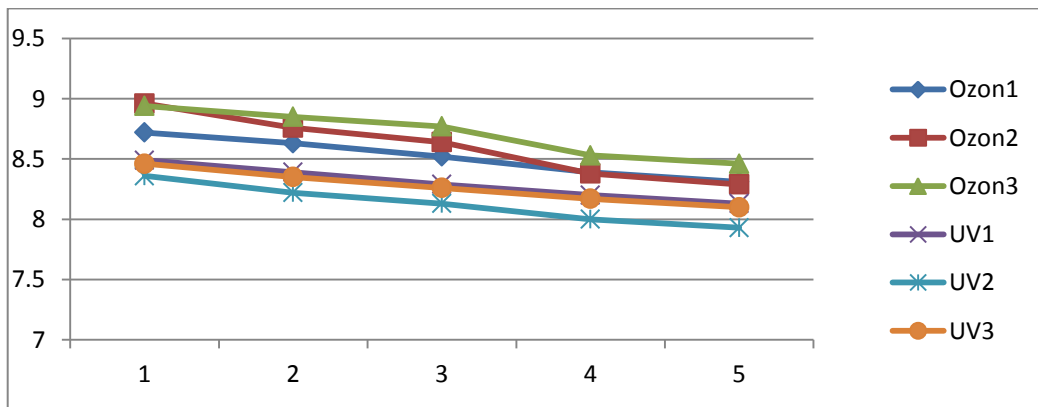
Gambar 5. Grafik nilai pH pada sampel.

Dari hasil analisa suhu terlihat bahwa sampel air yang dianalisa pada hari yang sama tidak menunjukkan perbedaan antara menggunakan proses disinfeksi ozon maupun sinar ultraviolet

2. Analisa pH Air Minum Isi Ulang  
 Hasil analisis nilai pH pada sampel air minum isi ulang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. Hasil analisis pH.

Hari Ke	Sampel					
	Ozon1	Ozon2	Ozon3	UV1	UV2	UV3
1	8.72	8.96	8.94	8.49	8.36	8.46
2	8.63	8.76	8.85	8.39	8.22	8.35
3	8.52	8.64	8.77	8.29	8.13	8.26
4	8.39	8.38	8.53	8.2	8	8.17
5	8.31	8.29	8.46	8.13	7.93	8.1



Gambar 6. Grafik nilai pH pada sampel.

Dari hasil analisis pH terlihat bahwa pada setiap hari terjadi penurunan pH baik yang yang disinfektannya ozon maupun sinar ultraviolet. Penurunan pH

ini disebabkan oleh reaksi kimia dan aktifitas bakteri.

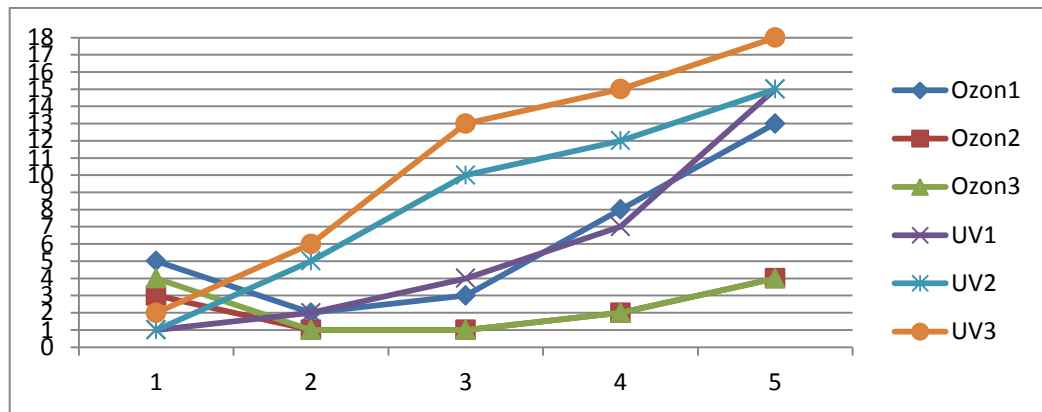
3. Pengujian Mikroorganisma

Hasil analisis mikroorganisma dengan metode TPC pada sampel air minum isi ulang dengan metoda disinfeksi ozon adalah baru terjadi penurunan jumlah koloni pada hari kedua dan ketiga, hal terjadi karena proses disinfeksi ozon optimal pada hari ke 2 dan ke 3, pada hari ke 4 dan ke 5 terjadi peningkatan jumlah

koloni. Sedangkan pada sampel air minum isi ulang dengan metoda disinfeksi sinar ultraviolet jumlah koloni pada hari pertama paling sedikit tetapi pada hari berikutnya terjadi peningkatan jumlah bakteri hal ini terjadi akibat aktifitas mikroorganisma.

**Tabel 5. Hasil analisis TPC.**

Hari Ke	Sampel					
	Ozon1	Ozon2	Ozon3	UV1	UV2	UV3
1	5	3	4	1	1	2
2	2	1	1	2	5	6
3	3	1	1	4	10	13
4	8	2	2	7	12	15
5	13	4	4	15	15	18



Gambar 7. Hasil analisis TPC.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

1. Hasil analisis pH menunjukkan terjadi penurunan pH dari hari ke hari, hal ini disebabkan karena reaksi kimia dan aktivitas mikroorganisma.
2. Hasil analisis TPC pada proses disinfeksi ozon diketahui bahwa nilai TPC yang terkecil yaitu 1 koloni/100 ml pada hari kedua, hal ini disebabkan reaksi ozon dalam air di mana H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan (OH) merupakan oksidator yang sangat kuat baru bekerja optimal pada hari kedua kemudian akan meningkat sampai 13 koloni / 100 ml pada hari ke 5.

3. Hasil analisis TPC pada proses disinfeksi menggunakan sinar UV pada hari pertama nilai TPC paling kecil yaitu 1 koloni/100 ml tetapi pada hari berikutnya TPC cenderung meningkat sampai 18 koloni/ 100 ml pada hari ke 5
4. Sampel dari 6 depot air isi ulang yang diambil menunjukkan tidak memenuhi syarat untuk parameter mikroorganismas sesuai peraturan PERMENKES RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010.

**Saran**

1. Dari semua depot yang menggunakan disinfeksi ozon waktu penyimpanan

- air minum setelah ozonisasi harus diperhatikan ini dilakukan agar proses desinfektasi menggunakan ozon berjalan secara optimal.
2. Peningkatan nilai TPC pada kedua proses bisa disebabkan karena terjadi pertumbuhan bakteri dari air isi ulang, perpipaan dan kebersihan gallon. Hal ini bisa dicegah dengan memperhatikan sanitasi depot air minum isi ulang baik oleh pemilik depot maupun pihak pemerintah yang berwenang dalam mengontrol sanitasi depot air isi ulang.

- Said, Nusa Idaman, Disinfeksi untuk Pengolahan Air Minum, Jurnal JAI Vol 3, No.1, 2007
- Sonntag, C. Von., *Chemistry of ozon in water and wastewater treatment*, <http://www.iwapublishing.com/books>, 2012.
- Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Chang, S.L., *The safety of water disinfection*. Annual Review Public Health 3 : 393 – 418., 1982
- Choi, Y., *The effect of UV disinfection on drinking water quality in distribution*, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135409005892>, 2010
- Hibler, C.P., C.M. Hancock.. Waterborne giardiasis, In : *Drinking Water Microbiology*, G>A. McFeters, Ed. Springer-verlag. New York. 1987
- Kertawidjaya, Iyon dan Sholihin., *Kimia Lingkungan*, Kimia FMIPA IKIP Bandung., 1993.
- Navratinova, S., Hubungan Disinfeksi Sinar Ultraviolet (UV) dengan Kualitas Bakteriologis Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang., <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/21050>, 2019
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 / MENKES / PER / IV / 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- Rice, R.G. *Ozone oxidation products – Implication for drinking water treatment*, pp.153 – 170, in : *Biobazards of Drinking Water Treatment*, R.A. Larson, Ed. Lewis Publishing, Chelsea, MI, 1989