



PENGARUH SIFAT *OZONIZER* PADA PENGOLAHAN MINUMAN KEMASN MENGUNAKAN *WATER TREATMENT* DI PT TIRTA SUKSES PERKASA

Inriyanita Bernadetta Ketaren^a, Rahmawaty^a, Bremen Mitra Meliala^b, Dani Syahputra Bangun^b, Siti Maretia Benu^a

^aProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^bPT. Tirta Sukses Perkasa Jl. Jamin Ginting km 27, Desa Bintang Meriah, Deli Serdang, Sumatera Utara, 20353, Indonesia

^cProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

E-mail: inriyanitab@students.polmed.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 27 Mei 2022

Direvisi pada 19 Juli 2022

Disetujui pada 29 Juli 2022

Tersedia daring pada 15 Agustus 2022

Kata kunci:

Ozon, medan listrik, *Ozonizer*, *Escherichia Coli*

Keywords:

Ozone, *electric field*, *ozone generator*, *Escherichia Coli*

ABSTRAK

Ozon merupakan bentuk triatomik dari oksigen. Jika hanya terdiri dari dua atom oksigen saja, itu merupakan gas oksigen yang biasa kita hirup sehari-hari. Ozon memiliki sifat sebagai zat yang mampu mengoksidasi bahan organik secara efektif. Atas dasar inilah ozon dipercaya mampu melakukan sterilisasi terhadap kandungan berbahaya yang ada di dalam air dan udara. Industri air mineral tumbuh dengan pesat sehingga kebersihan merupakan salah satu kunci dari mutu dan kualitas produk minuman. Untuk menjaga kesehatan tubuh, kandungan ozon sebaiknya jangan terlalu tinggi. Karena, selain sebagai penghancur bakteri patogen, jamur, virus, dan lainnya, kandungan (ozon) yang terlalu tinggi dapat bersifat toksik. Pemanfaatan teknologi ozon pada berbagai sektor telah menunjukkan kegunaan dan keunggulan dari pemanfaatan ozon. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menghasilkan ozon pada proses *water treatment* melalui peluahan muatan listrik dengan *discharge*. Metode perancangan *ozonizer* menggunakan pembangkitan tegangan tinggi dari trafo dengan variasi tegangan dari 3000 V hingga 4000 V, laju alir oksigen (1 hingga 3 liter/menit), dan waktu ozonasi (5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit) dan mengatur jarak antar batang konduktor 0,3 cm. Dari hasil pengujian analisis kadar ozon, diperoleh konsentrasi ozon untuk kadar ozon 0,5 ppm dengan debit 2 liter/menit. Sedangkan jumlah koloni bakteri *Escherichia Coli* pada masing-masing sampel tidak ditemukan atau tidak terdapat adanya bakteri *Escherichia coli* pada semua sampel.

ABSTRACT

Ozone is the triatomic form of oxygen. If it only consists of two oxygen atoms, it is oxygen gas that we usually breathe every day. Ozone has properties as a substance capable of oxidizing organic matter effectively. On this basis, ozone is believed to be able to sterilize harmful substances in water and air. The mineral water industry is growing rapidly so that cleanliness is one of the keys to the quality and quality of beverage products. To maintain a healthy body, the ozone content should not be too high. Because, apart from being a destroyer of pathogenic bacteria, fungi, viruses, and others, too high (ozone) content can be toxic. The use of ozone technology in various sectors has shown the benefits and advantages of using ozone. One way that can be used to produce ozone in the water treatment process is through the discharge of electric charge by discharge. The ozonizer design method uses high voltage generation from a transformer with voltage variations from 3000 V to 4000 V, oxygen flow rate (1 to 3 liters/ minute), and ozonation time adjusts (5; 10; 15; 20; 25 and 30 minutes). The distance between the conductors is 0.3 cm. From the results of the analysis of ozone levels, the ozone concentration was obtained for 0.5 ppm ozone with a discharge of 2 liters/minute. While the number of Escherichia coli bacteria colonies in each sample was not found Escherichia coli bacteria in all samples.

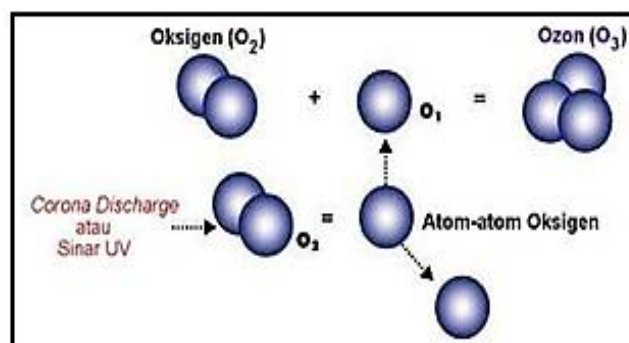
1. PENGANTAR

Ozon merupakan disinfektan yang dinilai lebih efektif daripada khlorin dimana memiliki oksidator kuat dengan nilai E_0 sebesar 2,07 volt. Pemanfaatan ozon sebagai disinfektan harus digunakan dalam kadar ozon yang tepat agar air yang dihasilkan aman dan proses disinfeksi akan berjalan efektif. Perubahan karakteristik produk yaitu bau seperti metal, perubahan rasa pada air minum, juga masalah kesehatan bagi konsumen. Dengan demikian kadar ozon yang diinjeksikan pada proses disinfeksi dapat menyebabkan migrasi dari komponen residu maupun hasil dekomposisi polimer pada botol kemasan air minum (Fadhillah Zahrotul Jannah dkk., 2021). Ketentuan mengenai air minum isi ulang yang layak untuk dikonsumsi telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum (Permenkes, 2010). Hal tersebut bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel debu, bakteri *Escherichia Coli* dan *Coliform* yang terdapat pada air minum sehingga air minum yang dihasilkan terbebas dari bakteri-bakteri pengotor. Pengolahan air minum yang umum diterapkan di Indonesia berupa pengolahan konvensional yang terdiri dari koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi. Akan tetapi pengolahan konvensional ini memiliki kelemahan seperti membutuhkan luas lahan besar, operasional dan perawatan yang rumit, hingga kualitas air yang masih dibawah standar (Anerasari Meidinariasty dkk, 2019; Handayani dkk., 2017). 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 objek penelitiannya adalah depot air minum isi ulang yang menggunakan ozonisasi dan sinar ultra violet (Dedeh Rosmaniar, 2019).

1.1. Pengertian ozon

Ozon (O_3) dibentuk dari atom oksigen (O), dalam keadaan paling stabil, atom oksigen berada dalam bentuk diatomik molekul O_2 atau yang biasa disebut oksigen. Molekul ozon mengandung tiga atom oksigen dan lebih tidak stabil jika dibandingkan dengan molekul oksigen. Ozon merupakan gas yang sangat reaktif dan dalam konsentrasi tertentu bersifat racun yang dapat menyebabkan iritasi. Ozon berfungsi sebagai pelindung bumi yaitu sebagai penyerap sinar ultraviolet yang sangat membahayakan kesehatan makhluk hidup di bumi. Ozon tidak hanya bermanfaat untuk melindungi atmosfer bumi. Secara mikro, ozon juga bermanfaat bagi kesehatan manusia (Monika Oktavia, 2019). Dengan oksidasi yang tinggi ozon dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (*sterlization*), menghilangkan warna (*decoloration*), menghilangkan bau (*deoderation*), menguraikan senyawa organik (*degradation*). Ozon membunuh bakteri dengan cara merusak dinding sel bakteri sekaligus menguraikan bakteri tersebut. Hal ini berbeda dengan *chlorine* yang hanya membunuh bakteri saja. Ozon digunakan dalam bidang pengobatan untuk mengobati penyakit yaitu untuk merawat kulit akibat terbakar. Pemanfaatan ozon untuk pengolahan limbah menghasilkan senyawa yang diterima oleh lingkungan. Penggunaan ozon sebagai disinfektan lebih efektif daripada penggunaan *chlorine* karena ketidakaktifan resisten bakteri dan virus. Selain itu ozon masih mempunyai kegunaan yang masih banyak terutama dalam bidang perindustrian yaitu: membasmi kuman sebelum dikemas (antiseptik); menghilangkan pencemaran dalam air (sterilisasi); membantu proses *floculation* (proses penggabungan molekul dan membantu penapis menghilangkan besi dan arsenik); mencuci dan memutihkan kain; membantu pewarnaan plastik; sebagai bahan pengawet makanan (Monika Oktavia, 2019).

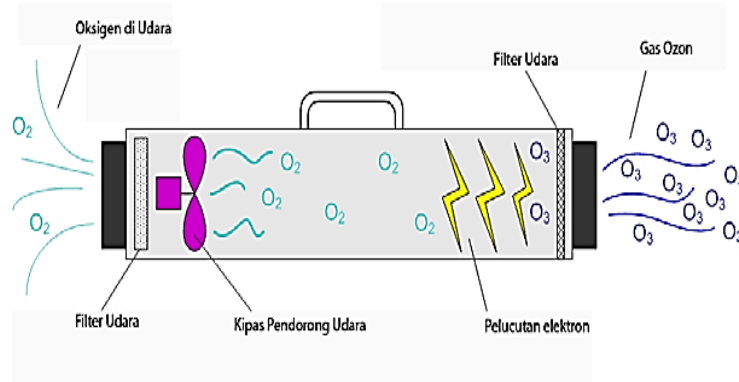
Keberadaan ozon di alam diakibatkan oleh dua hal, yang pertama adalah karena peristiwa alamiah, yaitu adanya ionisasi udara oleh petir (pada saat udara mendung, banyak hujan dan banyak petir). Keberadaan ozon yang kedua adalah karena pembuatan secara artifisial ozon oleh tegangan listrik tinggi (*corona discharge*) ataupun oleh adanya pancaran gelombang ultraviolet. Korona energi tinggi yang terbentuk di antara kedua elektroda tersebut memicu terurainya O_2 menjadi dua molekul oksigen tunggal (radikal oksigen) yang kemudian bergabung dengan 2 molekul O_2 lainnya untuk membentuk 2 molekul ozon, seperti disajikan secara sederhana pada Gambar 1.



Gambar 1: Proses pembentukan ozon (O_3) dari molekul oksigen (O_2) (Setijo Bismo, 2010)

1.2. Pembentukan ozon

Pembentukan ozon secara sederhana diuraikan oleh gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2: Proses sederhana Oksigen menjadi Ozon (Setijo Bismo, 2010)

Proses tahapan pembentukan ozon sebagai berikut (Setijo Bismo, 2010):

1) Pembentukan ozon melalui proses tumbukan

Ozon dapat dibuat dengan melewati gas oksigen (O₂) pada daerah yang dikenai tegangan tinggi. Molekul oksigen (O₂) yang dikenai tegangan tinggi ini akan mengalami ionisasi yaitu proses terlepasnya suatu atom atau molekul dari ikatannya menjadi ion-ion oksigen. Molekul molekul oksigen yang terionisasi ini biasa disebut kondisi plasma. Dimana plasma adalah partikel gas bermuatan yang terdiri dari pembawa muatan atau biasa yang disebut ion yang terdiri dari ion positif, ion negatif, elektron dan radikal bebas. Plasma juga biasa disebut dengan materi fase keempat setelah padat cair gas. Jenis-jenis dari ion oksigen adalah O⁺, O₂⁺, O⁻, O₂⁻ dan O₃⁻ kombinasi dari semuanya dapat menghasilkan ozon.

2) Pembentukan ozon melalui proses penyerapan cahaya

Gas oksigen (O₂) maupun ozon (O₃) dapat menyerap sinar ultraviolet. Gas oksigen dapat menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kurang dari 240 nanometer, sedangkan ozon dapat menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang antara 240 sampai 290 nanometer. Apabila gas oksigen menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kurang dari 240 nanometer, maka gas oksigen tersebut akan terurai menjadi dua atom oksigen. Oksigen (O₂) dapat menyerap radiasi sinar ultraviolet diuraikan pada persamaan 1 berikut ini.



Atom oksigen hasil reaksi tersebut sangat reaktif dan dapat bereaksi dengan O₂ dan membentuk ozon diuraikan pada persamaan 2 dibawah ini.



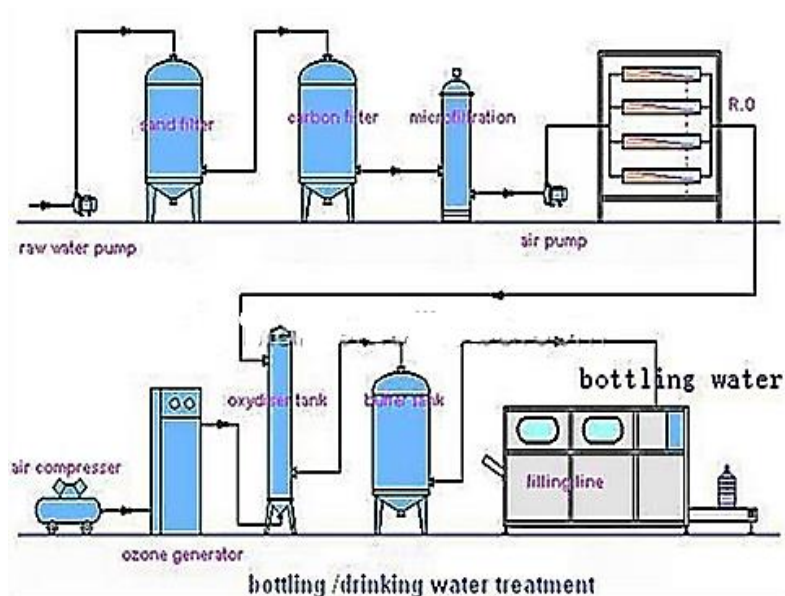
Reaksi ini bersifat eksotermik, dan akibat dari kedua reaksi tersebut adalah perubahan tiga molekul oksigen (O₂) menjadi dua molekul ozon dan konversi radiasi sinar ultraviolet menjadi panas. Reaksi tersebut menyebabkan ozon mengalami perubahan komposisi menjadi gas oksigen dan atom oksigen ditunjukkan pada persamaan (3) berikut ini.



Reaksi yang bersifat eksotermik ini mampu mengkonversi radiasi sinar ultraviolet menjadi panas.

1.3. Proses water treatment

Serangkaian proses *water treatment* untuk memperoleh produksi air minum dalam kemasan yang layak konsumsi dan layak edar diuraikan pada gambar 3.



Gambar 3: Diagram alir sederhana proses *Water Treatment* (Dedeh Rosmaniar, 2019)

Proses disinfeksi atau *water treatment* yang dilakukan pada produksi air minum dalam kemasan mencakup serangkaian proses diantaranya (Dedeh Rosmaniar, 2019) :

1. *Raw water pump* atau pompa air yaitu pompa air yang berfungsi sebagai elemen untuk menyerap sekaligus mendorong air dari sumur sumber air. Pada tahap pertama ini juga terdapat *injector* yang berfungsi menginjeksikan klorin dan disinfeksi pertama.
2. *Sand filter* yaitu filtrasi yang mampu menghasilkan debit air yang lebih banyak dibandingkan *slow sand filter*, namun kurang efektif untuk mengatasi bau dan rasa yang ada pada air hasil filtrasi. Selain itu, debit air yang menyebabkan lapisan bakteri yang berguna untuk menghilangkan patogen tidak akan terbentuk sebaik apa yang terjadi pada *slow sand filter*, sehingga membutuhkan proses disinfeksi yang lebih efektif. Ukuran media pasir yang digunakan berkisar 0,5 mm-2 mm, dengan laju aliran 5 m³-15 m³ tiap jam.
3. *Carbon filter* dilakukan untuk menyerap zat organik maupun anorganik, dapat berlaku sebagai penukar kation, dan sebagai katalis untuk berbagai reaksi kimia. Bahan baku lain yang dapat digunakan sebagai *carbon filter* adalah limbah cangkang kelapa sawit yang merupakan limbah industri kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO) digunakan untuk menurunkan parameter pencemar pada air sungai perlu dilakukan.
4. *Microfiltration* berfungsi untuk menghilangkan material seperti pasir, lumpur, tanah liat atau bahan organik dari air. Mikrofilter ini mempunyai ukuran 1 µm hingga 5 µm.
5. *Reverse osmosis* dengan ukuran membran 0,0001 mikron dapat memisahkan komponen-komponen yang tidak diinginkan seperti komponen organik, non-organik, bakteri, virus, partikulat, serta ion atau garam terlarut. Terdiri dari filter sedimentasi 1 µm hingga 5 µm, *granular activated carbon* dan karbon blok (CTO). Pada tahap ini aliran turut dibantu oleh pompa air.
6. Tahap disinfeksi yang utama terjadi pada *ozonizer* berasal dari udara bebas yang mengandung molekul oksigen (O₂) menggunakan *air compressor* yang kemudian dikontakkan langsung dengan radiasi sinar *ultraviolet* yang berasal dari lampu *ultraviolet* 40-Watt dengan panjang gelombang 242 nm. Kontak tersebut secara perlahan akan memecah molekul oksigen yang besarnya tergantung dari jumlah molekul O₂ dan atom-atom oksigen tersebut membentuk molekul Ozon (O₃).
7. *Oxidizer tank* berfungsi memungkinkan campuran udara yang lebih ringan untuk pindah ke bagian pusat kecepatan yang lebih rendah. Air yang membentuk gelembung keluar melalui ventilasi udara atau tangki yang dipasang pada *air separator*.
8. *Buffer tank* berfungsi untuk menampung cairan yang dipompakan dan mengkondisikan agar tekanan cairan dapat dikurangi atau diperkecil dengan maksud agar tidak terjadi turbulensi.
9. *Filling machine* atau *filling line* berfungsi khusus untuk mengisi air yang telah mendapat perlakuan filtrasi dan disinfeksi ke dalam kemasan sesuai kebutuhan (pada konteks ini menggunakan kemasan botol 1500 ml). Mesin ini bekerja dengan bantuan *air compressor*.

Pertama botol dibersihkan agar tidak ada kotoran yang menempel di dalam botol (botol yang digunakan masih baru). Setelah itu botol diletakkan ke konveyor (*conveyor input*) yang berjalan ke proses pengisian air ke dalam botol secara otomatis dengan batas waktu (*timer*) yang telah ditentukan sesuai set operator. Sensor pendeteksi botol masuk berfungsi dan selanjutnya terdapat 6 buah kran pengisi botol sesuai kecepatan yang dibutuhkan. Terdapat pula lima buah *valve* untuk menggerakkan tabung silinder. Kemudian botol ditutup (*capper*) dan kembali ke konveyor (*conveyor output*) selanjutnya perekatan label dan pengemasan ke kardus.

1.4. Kelebihan dan kelemahan penggunaan ozonizer

Beberapa kelebihan penggunaan *ozonizer* adalah sebagai berikut (Setijo Bismo, 2010):

1. Memiliki daya oksidasi yang sangat tinggi sehingga hanya memerlukan waktu kontak (CT) yang relatif sangat pendek untuk menon-aktifkan semua zat-zat renik (*germs*), yaitu dalam orde 5 – 15 detik saja;
2. Tidak meninggalkan bau ataupun rasa;
3. Meningkatkan kelarutan oksigen dalam air (*dissolved oxygen/DO* semakin besar);
4. Hampir tidak membutuhkan bahan-bahan kimia, kecuali yang mutlak dibutuhkan dalam proses sedimentasi (koagulasi dan flokulasi);
5. Mampu mengendapkan besi (Fe²⁺) dan mangan (Mn²⁺) terlarut melalui proses reaksi oksidasi, sedemikian rupa sehingga kualitas air (termasuk TDS) dapat meningkat secara signifikan;
6. Mampu menghancurkan dan sekaligus menyingkahkan algae dan lumut;
7. Bereaksi dan sangat efektif dalam penyisihan senyawa-senyawa organik yang terlarut dalam air (*total organic compounds/TOC*);
8. Terurai dengan cepat dalam air (dalam orde 1 – 15 menit), sehingga efek residu dari ozon relatif mudah diatasi;
9. Mampu menyingkahkan warna, rasa dan bau sebagai parameter-parameter estetika air.

Sedangkan beberapa kelemahan penggunaan *ozonizer* adalah sebagai berikut:

1. Ozon merupakan gas atau senyawa kimia yang beracun (*the permissible exposure limit* (TLV) dari *the occupational safety and health administration* (OSHA) adalah 0,1 ppm), yang tingkat peracunannya berbanding lurus dengan konsentrasi dan waktu paparan;
2. Biaya ozonasi lebih tinggi dari klorinasi;
3. Instalasi peralatan umumnya relatif lebih kompleks dari klorinasi;
4. Suatu katalis perusak ozon sangat disarankan untuk dipasang pada bagian keluaran, untuk mencegah terjadinya keracunan dan kebakaran akibat ozon;
5. Dapat menghasilkan senyawa-senyawa karbonil (aldehida dan keton) yang tidak diinginkan, terutama bila waktu kontak terlalu pendek;
6. Untuk sistem distribusi, masih diperlukan klorinasi atau sanitasi lanjut (*post-chlorination*) karena sifat ozon yang tidak meninggalkan residu;
7. Ozon memiliki kelarutan dalam air yang jauh lebih rendah dari klor, sehingga diperlukan peralatan khusus untuk melarutkan ozon dalam air (dapat menggunakan *diffuser*, dengan efektivitas pelarutan maksimal sebesar 70 %; atau dapat juga menggunakan *venturi injection* dengan efektivitas pelarutan sampai sebesar 90 %);
8. Cenderung tidak menyingkahkan atau melumat beberapa jenis senyawa organik yang sulit diuraikan dalam air (*refractory organics*), sehingga perlu dipertimbangkan menggunakan katalis dari bahan-bahan silika-aluminat ataupun *granular activated carbon/GAC*).

2. METODE

2.1 Tempat Kinerja Ozonizer

Pengambilan data untuk penulisan jurnal ini dilakukan di PT Tirta Sukses Perkasa, Desa Bintang Meriah, Kecamatan Pancur Batu 20353, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

2.2 Pengumpulan data Kinerja Ozonizer

Metode pengumpulan data yaitu studi literatur yang sesuai dengan penelitian *ozonizer* sebelumnya bersumber dari buku atau pustaka maupun dari jurnal yang terdapat di internet. Penelitian dilakukan secara daring dengan teknisi PT Tirta Sukses Perkasa untuk memenuhi data dan bimbingan dilakukan dengan dosen pembimbing untuk membantu menyelesaikan penelitian.

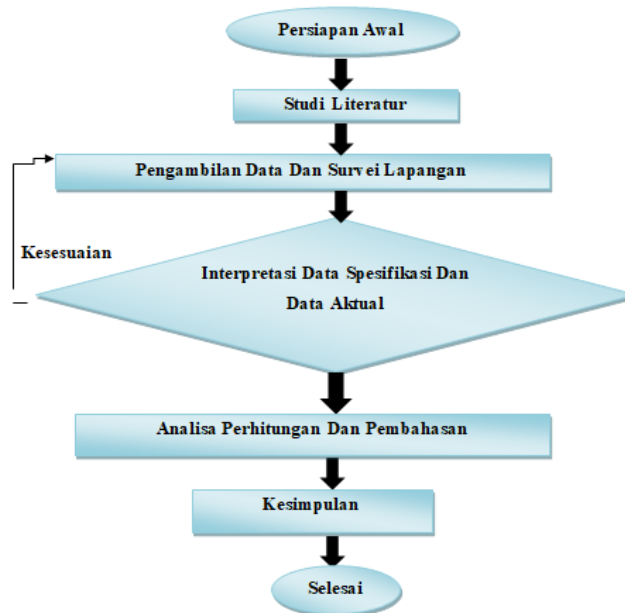
2.3 Analisis data Kinerja Ozonizer

Analisis ini dilakukan dengan menggunakan rumusan-rumusan terkait dengan penelitian. Hal-hal yang terkait untuk dianalisis, yaitu:

1. Spesifikasi *ozonizer* tipe KSA 20 *Druck/pressure* 6-207022;
2. Perhitungan efisiensi kinerja *ozonizer* tipe KSA 20 *Druck/pressure* 6-207022;
3. Pembuktian *ozonizer* tipe KSA 20 *Druck/pressure* 6-207022 sebagai sterilisator air bersih;

2.4 Diagram alir Kinerja Ozonizer

Diagram penelitian kinerja *ozonizer* diuraikan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4: Diagram Penelitian Kinerja Ozonizer

2.5 Deskripsi peralatan Kinerja Ozonizer

Dalam melaksanakan penulisan jurnal ilmiah ini, dibutuhkan serangkaian peralatan untuk memperoleh data sesuai kebutuhan yang diuraikan sebagai berikut (PT Tirta Sukses Perkasa, 2020):

2.5.1 Ozonizer

Ozonizer yang menjadi objek penelitian pada penulisan jurnal ilmiah ini dapat berfungsi karena adanya tegangan tinggi dan sinar ultraviolet yang diberikan untuk dapat mengubah oksigen menjadi ozon yaitu mengubah molekul O_2 menjadi O_3 serta input udara bebas menggunakan *air compressor*. Ozon yang dihasilkan menggunakan alat ini dapat digunakan sebagai desinfektan air pada proses *water treatment* dan peralatan fungsional ozon diuraikan pada gambar 5.



Gambar 5: Peralatan ozonizer (PT Tirta Sukses Perkasa, 2020)

2.5.2 TDS Meter

Total Dissolved Solid (TDS) meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur jumlah padatan terlarut atau jumlah kation dan anion di dalam air dengan satuan *part per million* (PPM) atau sama dengan miligram/liter pada gambar 6.



Gambar 6: TDS Meter

2.5.3 Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu ozonisasi, debit air, dan waktu yang dibutuhkan untuk sterilisasi air pada gambar 7.



Gambar 7: Stopwatch

2.5.4 Air Separator (AirSep)

Air Separator yang digunakan ozonizer jenis ini adalah jenis vertikal (tegak) dan separator atau pemisah ini berfungsi untuk memisahkan fluida produksi yaitu antara gas yang dibutuhkan dari kandungan air sehingga menghasilkan gas yang dapat digunakan oleh ozonizer pada gambar 8.



Gambar 8: Air Separator (PT Tirta Sukses Perkasa, 2020)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Pengamatan dan analisis ozonizer ditunjukkan pada tabel 1-6 dibawah ini.

Tabel 1: Hasil Pengamatan pada Ozonizer

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Tegangan	230 V
2	Frekuensi	50 Hz
3	Arus Maksimal; Arus saat produksi AMDK	5A ; 2,5 A
4	Jenis Gas	Oksigen (O ₂)
5	Kapasitas Produksi Ozon	20 g/jam
6	Tekanan	1 bar
7	Volume Aliran Udara Maks	0,2 m ³ /jam = 200 L/jam
8	Volume Efektif Ozonizer (Oxygen Flow Rate)	3,33 L/menit
9	Waktu detensi	99,9 detik ≈ 100 detik

Tabel 2: Hasil Pengambilan O₃ pada udara bebas sebagai kontrol

Percobaan ke-	Debit Udara (liter/menit)	Kadar O ₃ (ppm)
1	2	$4,0 \times 10^{-6}$
2	2	$4,5 \times 10^{-6}$
3	2	$4,0 \times 10^{-6}$
4	2	$3,8 \times 10^{-6}$
5	2	$4,3 \times 10^{-6}$

Tabel 3: Hasil Pengambilan O₃ dengan Ozonizer

No.	Debit Udara (liter/menit)	Kadar O ₃ (ppm)
1	2	$1,75 \times 10^{-5}$
2	2	$1,66 \times 10^{-5}$
3	2	$1,82 \times 10^{-5}$
4	2	$1,77 \times 10^{-5}$
5	2	$1,80 \times 10^{-5}$

Tabel 4: Efisiensi Ozonizer dalam menghasilkan gas ozon

No	Kadar O ₃ Dihasilkan (ppm)		Kenaikan (ppm)	Efisiensi (%)
	Tanpa Ozonizer	Dengan Ozonizer		
1	4,0	$1,75 \times 10^{-5}$	0,0000135	4,375
2	4,5	$1,66 \times 10^{-5}$	0,0000121	3,680
3	4,0	$1,82 \times 10^{-5}$	0,0000142	4,55
4	3,8	$1,77 \times 10^{-5}$	0,0000139	4,657
5	4,3	$1,80 \times 10^{-5}$	0,0000137	4,186

Tabel 5: Analisis Ozonizer dalam menghasilkan gas ozon dengan input oksigen murni

No.	Input Oksigen Murni	Input Sampel	Kadar O ₃
	(liter/menit)	(liter/menit)	(ppm)
1	1	2	0,015
2	2	2	0,023
3	3	2	0,028
4	4	2	0,035
5	5	2	0,045
6	6	2	0,068
7	7	2	0,077
8	8	2	0,083
9	9	2	0,097
10	10	2	0,102
11	11	2	0,146
12	12	2	0,223
13	13	2	0,348
14	14	2	0,452
15	15	2	0,515

Tabel 6: Analisis kinerja Ozonizer sebagai sterilisator air bersih

Percobaan ke-	Debit air (liter/menit)	Hasil Pemeriksaan Bakteri <i>Escherichia coli</i>	
		Sebelum	Sesudah
1	2	Ada	Tidak ada
2	2	Ada	Tidak ada

3	2	Ada	Tidak ada
4	2	Ada	Tidak ada
5	2	Ada	Tidak ada

3.2 Pembahasan

Ozonizer yang digunakan mempunyai kapasitas udara dalam generator sebesar 3,33 liter. Kecepatan aliran udara (debit udara) yang didesain sesuai dengan kemampuan peralatan pengambilan sampel udara atau *midget impinger* adalah 2 liter/menit. Dengan demikian waktu detensi udara dalam generator dapat dihitung dengan persamaan 4 sebagai berikut (Monika Oktavia, 2019):

$$T_d (\text{waktu detensi}) = \frac{\text{volume udara ozonator}}{\text{debit udara}} \quad (4)$$

$$T_d (\text{waktu detensi}) = \frac{3,33}{2}$$

$$T_d (\text{waktu detensi}) = 1,665 \frac{\text{L}}{\text{menit}} = 99,9 \text{ detik} \approx 100 \text{ detik}$$

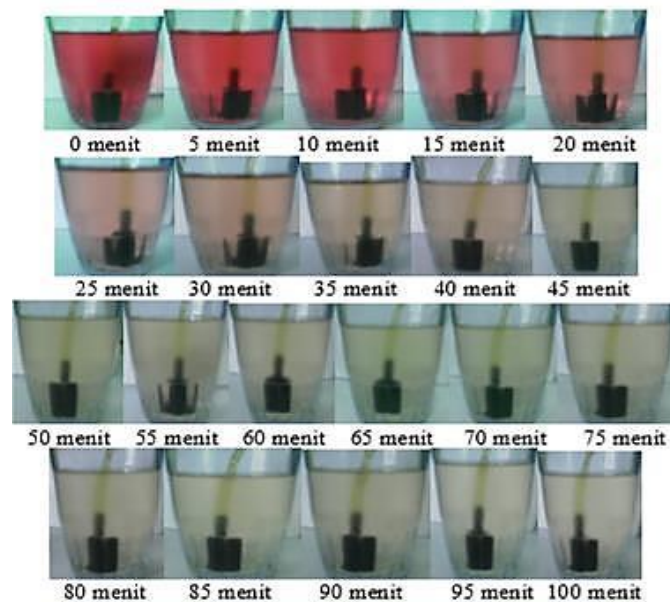
Sedangkan, untuk volume efektif *ozonizer* diuraikan sebagai berikut :

$$\text{Volume efektif ozonizer} = \frac{\text{Volume Aliran Udara Maks}}{60}$$

$$\text{Volume efektif ozonizer} = \frac{200 \text{ Liter/jam}}{60 \text{ menit}}$$

$$\text{Volume efektif ozonizer} = 3,33 \text{ Liter/Menit}$$

Pengambilan sampel gas ozon dilakukan pada udara bebas untuk mengetahui kandungan ozon yang terdapat dalam udara bebas tersebut. Hasil dari analisis ozon pada udara bebas ini akan digunakan sebagai kontrol untuk dibandingkan dengan pengambilan ozon melalui *ozonizer* yang telah didesain. Adapun hasil secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 2 dimana mengubah oksigen (O_2) menjadi gas ozon (O_3) memerlukan uji coba generator tersebut dengan menggunakan input udara bebas atau oksigen murni dari tabung oksigen. *ozonizer* dilakukan uji coba pengambilan sampel gas ozon dengan input udara bebas yang mengandung oksigen secara alamiah. Gas ozon melalui *ozonizer* ditunjukkan dalam Tabel 3 yang konsentrasinya lebih besar dibandingkan dengan kadar ozon alamiah di lapisan troposfer. Ini menunjukkan bahwa *ozonizer* tersebut telah mampu mengubah molekul oksigen (O_2) dan atom oksigen (O) menjadi gas ozon (O_3). Peningkatan konsentrasi gas ozon terjadi sebesar 3,68 % sampai dengan 4,657 % dari sampel kontrol dibandingkan dengan sampel perlakuan menggunakan *ozonizer*. Besar kadar ozon yang dapat dihasilkan oleh Ozonizer dengan sinar ultraviolet ganda dengan input udara murni di lapisan troposfer berkisar antara $1,61 \times 10^{-5}$ ppm sampai dengan $1,80 \times 10^{-5}$ ppm. Untuk mendapatkan kadar ozon sebesar 0,5 ppm sebagai sterilisator air bersih tidak dapat dicapai hanya dengan menggunakan input udara bebas. Dengan demikian udara bebas sebagai input *ozonizer* akan dicampur dengan oksigen murni dengan cara menambahkan konsentrasi oksigen murni yang berasal dari tabung gas ozon, sampai mendapatkan hasil kadar ozon yang diharapkan. Produksi gas ozon yang dihasilkan oleh Ozonizer dengan sinar ultraviolet ganda sangat tergantung pada input molekul oksigen (O_2) dan atom oksigen (O) kedalam generator (Martua Hasibuan, 2020). Pada konsentrasi 0,5 ppm, gas ozon mampu berlaku sebagai sterilisator air minum. Berdasarkan uji coba untuk menghasilkan gas ozon dengan konsentrasi 0,5 ppm diperlukan input oksigen ke dalam *ozonizer* sebesar 15 liter/menit dan melalui beberapa kali uji coba serta pengambilan sampel air sebelum dan sesudah didisversikan gas ozon yang dihasilkan oleh *ozonizer* hasil rekayasa desain ke dalam air minum menunjukkan dalam 5 (lima) kali pengambilan sampel, seluruhnya dapat meniadakan keberadaan bakteri *Escherichia coli* yang ada pada air sampel. Gambar 9 menunjukkan bahwa ozon dengan konsentrasi sebesar 0,5 ppm mampu sebagai sterilisator air minum, untuk debit air yang disteril sebesar 2 liter per menit. Namun, hal ini membutuhkan serangkaian waktu yang cukup lama dan tidak boleh mengkonsumsi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang baru selesai dikemas dikarenakan ozon yang membutuhkan waktu untuk terurai bersama oksigen.



Gambar 9: Sterilisasi air menggunakan *ozonizer*

4. KESIMPULAN

Kapasitas udara dan oksigen yang masuk ke dalam *ozonizer* sangat menentukan kadar ozon yang dihasilkan yaitu 3,33 liter. Waktu detensi yang dibutuhkan untuk mengubah molekul oksigen dari molekul oksigen menjadi molekul ozon yaitu sebesar 1,665 menit (100 detik). Hal ini dapat dikendalikan dengan mengatur debit udara yang masuk ke dalam *ozonizer* setelah menghitung kapasitas udara yang

ada pada *ozonizer*. Gas ozon dengan kadar 0,5 ppm mampu sebagai sterilisator air minum dengan debit sebesar 2 liter/menit. Penggunaan Ozonizer juga dapat mengurangi kepekatan (warna) cairan yaitu semakin pekat maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengubahnya menjadi lebih jernih (bening). *Ozonizer* dapat menjadi salah satu *air purifier* atau *air sterilizer* yang mendukung kesehatan masyarakat dengan terciptanya udara yang bersih serta meningkatnya dunia perindustrian melalui penggunaan *ozonizer*. Pengaruh *ozonizer* terhadap proses water treatment berpengaruh pada kualitas air tersebut dikarenakan ozon yang bersifat sangat reaktif dapat dimanfaatkan sebagai pembersih, penghilang bau, serta sebagai desinfektan yang mampu membunuh atau meminimalisir mikroorganisme seperti bakteri. Dengan menggunakan *water treatment* maka mampu mendegradasi bakteri *Escherichia coli* dan *Coliform* dalam sistem yang digunakan menjadi air minum yang dihasilkan aman dikonsumsi dan sudah memenuhi standart mutu yang ditetapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat yang maha kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini, serta terima kasih yang sedalamnya karena dukungan finansial yang diberikan oleh Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui Pusat Penelitian Pengabdian Masyarakat, Politeknik Negeri Medan dan Jurusan Teknik Mesin POLMED.

DAFTAR PUSTAKA

- Amy, N. (2020). Analisis Efisiensi Pada *Water Tube Boiler Type Vicker Boskins* dengan Kapasitas 45 Ton/Jam Di PT Multimas Nabati Asahan, diakses pada 9 September 2021 dari <http://library.polmed.ac.id>.
- Bismo, S. (2010). Teknologi Ozon (I): Kajian prospek penggunaan ozon untuk pengendalian limbah industri, *Jurnal Teknologi 2*, 197-206.
- Handayani, L., Sinardi, A. Iryani, S. (2017). Pengaruh Kualitas Air Minum Dalam Kemasan Terhadap Konsentrasi Ozon. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik UNIFA 1*, 199-208.
- Hasibuan, M. (2020). Analisis Performansi Pompa Raw Water Di *Water Treatment Plant* Dengan Kapasitas 35m³/h dan Head 40 m. Medan. *Jurnal Sinergi Polmed 1*, 1-8.
- Jannah, F. Z., Mochammad Saifuddin Zuhri, M.S., Edi Mulyadi, E. (2021). Optimasi Kadar Ozon Dalam Proses Disinfeksi Bakteri Coliform Pada Pengolahan Air Minum. *Jurnal Teknik Kimia 15*; 59-65.
- Meidinariasty, A., Zamhari, M., Septiani, D & Novianita. (2019). Uji Kinerja Membran Mikrofiltrasi dan Reverse Osmosis Pada Proses Pengolahan Air Reservoir Menjadi Air Minum Isi Ulang. *Jurnal Kinetika 10*, 35-41.
- Permenkes. (2010). Persyaratan Kualitas Air Minum. Diakses pada 15 September 2021 dari <http://pamsimas.org/konten/pustaka/peraturan/PMK-No-492-ttg-Persyaratan-Kualitas-Air-Minum.pdf>.
- PT. Tirta Sukses Perkasa. (2020), Perusahaan Indofood Group yang bergerak dalam bidang industri AMDK (Air Minum Dalam Kemasan), diakses pada 15 Oktober 2021 pada https://cdc.uns.ac.id/lowongan/perusahaan/20/Tirta_Makmur_Perkasa.
- Oktavia, M. (2019). Pembentukan Ozon Pada Akuarium Menggunakan Tegangan Tinggi, diakses pada 10 Oktober 2021 dari <https://repositori.usu.ac.id>.
- Rosmaniar, D. (2019). Perbandingan Hasil Disinfeksi Menggunakan Ozon Dan Sinar Ultra Violet Terhadap Kandungan Mikroorganisme Pada Air Minum Isi Ulang. *Agrosience 9*, 82-92.
- Setiadi, I & Mutiara A. (2020). Aplikasi Otomatisasi Pompa Kimia Oksidator Menggunakan Modul PLC SRB121FU Pada Unit Penyaringan Pendahuluan Arsinum Swro. VOL. 13 NO. 2 (2020): *Jurnal Rekayasa Lingkungan 13*, 182-193.
- Syaiful, Muhammad. (2017) Otomasi Sistem Pencucian Botol Pada Produksi Botol AMDK Berbasis PLC OMRON CPIL di PT Segar Utama Mojokerto. Surabaya, diakses 20 Oktober 2021 dari <https://repository.dinamika.ac.id/id>.