

**Review Jurnal : Analisis Pengaruh Desinfeksi Pada Pengolahan  
AirMinum**

*Analysis of Disinfection effect on Drinking Water  
Treatment*

**Dean Zahara Nur Hakimah**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa  
dezaranhmah@gmail.com

**Abstract**

*Availability of clean water suitable for drinking is one of the daily needs to meet health requirements. In drinking water treatment, disinfection is an important unit that is able to prevent micro-organisms in the human body through drinking water. Chlorinated disinfectants can often react with organic matter or nitrogen in wastewater to form DBP which is toxic and hazardous. To control the formation of disinfection by-products (DBP), removal of organic precursors before application of the disinfectant is important. The ozone content greatly affects the pH and TDS values. SODIS is an efficient and cost-effective method of drinking water production that significantly reduces the incidence and mortality of waterborne diseases that will be reviewed in this article.*

**Keywords:** *water treatment, disinfection, effectiveness*

**Abstrak**

Ketersediaan air bersih yang layak minum menjadi salah satu kebutuhan sehari-hari untuk memenuhi syarat-syarat Kesehatan. Dalam pengolahan air minum, desinfeksi merupakan unit penting yang mampu mencegah mikroorganisme di dalam tubuh manusia melalui air minum. Desinfektan terklorinasi seringkali dapat bereaksi dengan bahan organik atau nitrogen dalam air limbah untuk membentuk DBP yang beracun dan berbahaya. Untuk mengontrol pembentukan produk samping desinfeksi (DBP), menghilangkan prekursor organik sebelum aplikasi desinfektan adalah penting. Kandungan ozon sangat mempengaruhi nilai pH dan TDS. SODIS adalah metode produksi air minum yang efisien dan hemat biaya yang secara signifikan mengurangi kejadian dan kematian penyakit yang ditularkan melalui air dan akan direview didalam artikel ini.

**Kata kunci:** pengolahan air, desinfeksi, efektivitas

**Pendahuluan**

Air bersih merupakan air yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat Kesehatan. Kualitas air minum adalah salah satu masalah yang menimbulkan kekhawatiran paling tinggi di seluruh dunia [1]. Ketergantungan pada penggunaan air tanah untuk keperluan pertanian, industri, dan rumah tangga telah meningkat secara signifikan di seluruh dunia [2][3]. Baru-baru ini, permintaan air tanah untuk keperluan minum telah meningkat bersamaan dengan pertumbuhan populasi global [4][2]. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes) Nomor 492 Tahun 2010 menyatakan bahwa air minum adalah air yang telah melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Peraturan terkait baku mutu air minum umumnya terdiri dari parameter fisik, kimiawi dan biologis.

Desinfeksi merupakan metode untuk menghancurkan mikroorganisme yang tidak dikehendaki atau patogendan berada di dalam air minum.[5] Desinfeksi banyak digunakan untuk menghilangkan patogen dan mencegah terjadinya berbagai penyakit yang timbul akibat air yang tercemar (waterborne diseases). Dalam pengolahan air minum, desinfeksi merupakan unit penting untuk mencegah masuknya mikroorganisme kedalam tubuh manusia melalui air minum, terutama mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus dan protozoa. Tekanan, suhu dan pH merupakan faktor penting dalam proses desinfeksi.[6]

Penggunaan suhu tinggi dinilai efektif untuk melemahkan ataupun mematikan bakteri dengan cara mengkoagulasikan protein-proteinnnya. Namun, perlakuan suhu tinggi membutuhkan energi yang besar. Peningkatan suhu juga membuat kelarutan CO<sub>2</sub> dalam air menurun. Sedangkan tekanan mampu meningkatkan kelarutan CO<sub>2</sub> di air. [7]

Dalam perkembangannya, desinfeksi air yang paling umum dilakukan untuk menghilangkan E. coli yaitu menggunakan desinfektan Klorin dan Kloramin (klorinasi), Ozon (ozonasi), Iodin, Bromin, Ferrate, Hidrogen peroksida, radiasi pengion, Kalium Permanganat, Silver, dan sinar ultraviolet.[7]

### **Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam melakukan kajian ini adalah dengan mengambil referensi jurnal dalam database Scopus dan SINTA untuk melakukan tinjauan literatur sistematis dan ekstraksi data ilmiah. Kata kunci dalam pencariannya adalah pengolahan air minum, desinfeksi, dan efektivitas desinfeksi dalam periode tahun 2021 hingga 2022. Pencarian basis data mengidentifikasi total 994 studi. Basis data kemudian diperiksa secara manual untuk mengunduh literatur yang relevan. Data dari publikasi yang disaring diunduh dan digunakan dalam artikel ulasan. Literatur yang diambil, kemudian disusun berdasarkan pengaruh desinfeksi pada air minum .

### **Hasil dan Pembahasan**

#### **Komparasi Desinfeksi (Kombinasi)**

Virus memiliki resistensi disinfektan yang berbeda karena struktur dan morfologi genomnya yang unik (yaitu, simetri ikosahedral atau heliks, baik yang mengandung amplop dan lonjakan). Berbagai galur dari virus yang sama biasanya memiliki kerentanan yang berbeda terhadap disinfektan. Metode desinfeksi utama meliputi klorin (klorin bebas, klorin dioksida, dan klorin monoklorami), ozon, dan radiasi ultraviolet.

Desinfektan klorinasi seringkali dapat bereaksi dengan organik atau nitrogen dalam air limbah, menghasilkan DBP yang beracun dan berbahaya. Radiasi dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (UV) memiliki energi yang relatif tinggi, dan mikroorganisme menyerap proton dalam koefisien penyerapan yang tinggi antara 200 dan 300 nm. Desinfeksi radiasi UV tidak menghasilkan produk sampingan yang merugikan yang muncul dalam desinfeksi klorinasi. [8]

#### **Penggunaan Air Terdesinfeksi Untuk Pencegahan Penularan Covid**

Penggunaan air diolah dengan proses klorinasi dan memiliki sisa klor bebas efektif membasmi bakteri dan virus. Klorinasi efektif menonaktifkan virus Korona baru dan jenis virus lainnya sehingga air layak digunakan untuk mencuci benda-benda di fasilitas umum yang diduga berisi virus. Air sumur yang digunakan untuk fasilitas umum sebaiknya diolah dengan kaporit tablet pada masa wabah COVID-19 dan pada masa normal baru. [9]

#### **Desinfeksi dengan Ozon**

Konsentrasi ozon sangat berpengaruh terhadap nilai pH dan TDS. Kedua parameter tersebut merupakan parameter uji yang sangat kritis dalam menentukan air minum yang layak untuk dikonsumsi. Meningkatnya konsentrasi ozon dapat menurunkan nilai kedua hasil uji yaitu pH dan TDS. Hasil uji pH menurun dikarenakan ion H<sup>+</sup> semakin banyak, sedangkan hasil uji TDS menurun dapat mengurangi senyawa organik maupun non organik yang tidak membahayakan bila dikonsumsi. Konsentrasi ozon 0,138-0,140 ppm dapat mempengaruhi nilai pH sebesar 7,00 dan TDS 128,45 mg/l. Hasil dari percobaan pengaruh variasi konsentrasi ozon terhadap hasil uji pH dan uji TDS memenuhi persyaratan SNI 01-3553-2015 sehingga layak untuk dikonsumsi. [5], [6]

#### **Desinfeksi dengan Sinar Matahari**

Kemajuan yang dibuat dalam beberapa dekade terakhir dalam metode desinfeksi air tenaga surya ((*Solar Disinfection/SODIS*)) telah menunjukkan bahwa SODIS adalah metode yang efektif dan murah untuk menyediakan air minum, yang mampu secara substansial mengurangi prevalensi dan kematian penyakit yang ditularkan melalui air. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keterbatasan utama SODIS konvensional yang menghambat penerapannya sebagai strategi penyediaan air minum skala besar. [10]

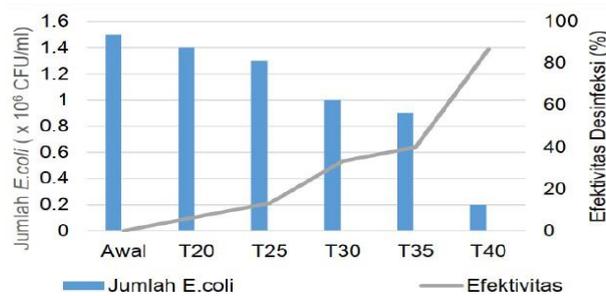
#### **Pengaruh pH dan Suhu Pada Desinfeksi**

Nilai pH awal mempengaruhi efek mikrobisidal pada CO<sub>2</sub> yaitu bahwa pada pH rendah, efektivitas inaktivasi

*E.coli* mencapai 73%, 57% untuk pH tinggi dan 45% untuk pH netral. Variasi suhu awal air dapat mempengaruhi rata-rata suhu, pH, dan jumlah *E.coli* selama proses desinfeksi. Rata-rata suhu cenderung mengalami peningkatan, rata-rata pH cenderung mencapai stabil pada pH 4.8 hingga 5.5 dan jumlah *E.coli* cenderung mengalami penurunan. Reduksi jumlah *E.coli* disebabkan oleh efek mekanis dari aktivitas pompa dan nozzle microbubble, efek kimia dari adanya gas CO<sub>2</sub> dan tekanan, serta efek panas dari peningkatan suhu. Suhu yang paling efektif untuk mendesinfeksi *E.coli* adalah 40°C (T40). Pada T40 dengan suhu dan pH akhir sebesar 55°C dan 5.0, jumlah *E.coli* yang semula 1.5 x 10<sup>6</sup> CFU/ml, tereduksi menjadi 0.2 x 10<sup>6</sup> CFU/ml atau 2 x 10<sup>3</sup> CFU/100ml serta efektivitas desinfeksi sebesar 86.7%. [7]

Desinfeksi *E.coli* menggunakan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) bertekanan mulai dikembangkan sebagai metode desinfeksi alternatif oleh Kobayashi dan kawan kawan pada tahun 2009, dimana tekanan superkritik hingga 10 MPa dan suhu tinggi (>55°C) mampu menginaktivasi *E.coli* dan *Coliform*. Aplikasi CO<sub>2</sub> bertekanan lebih efektif di media dengan kandungan air yang tinggi. Selain itu, kelarutan CO<sub>2</sub> dalam air menjadi lebih mudah dan cepat jika didukung oleh sistem tekanan. Dengan menggunakan teknik microbubble, dinilai dapat memungkinkan efisiensi kontak yang tinggi antara air dan gas. [7]

Alat desinfeksi yang digunakan berupa suatu reaktor stainless steel yang di dalamnya terdapat difuser untuk membentuk microbubble dan selama operasi dialiri CO<sub>2</sub> dari tabung gas CO<sub>2</sub>, tekanan dalam reaktor dijaga pada 0.2 MPa. Selama pengoperasian alat, terdapat perubahan pH dan suhu larutan. Proses desinfeksi yang berlangsung cenderung mengkondisikan pH operasional pada rentang 4.8 hingga 5.5. Larutan dengan pH awal 4 akan meningkat dan stabil pada pH 4.8 sejak menit ke-8. Rentang pH tersebut masih berada pada rentang pH yang dapat ditoleransi oleh bakteri *E.coli*. [7]



Gambar 1. Perubahan jumlah *E. coli* dan efektivitas desinfeksi pada perlakuan suhu

Nilai pH awal mempengaruhi efek mikrobisidal pada CO<sub>2</sub> yaitu bahwa pada pH rendah, efektivitas inaktivasi *E.coli* mencapai 73%, 57% untuk pH tinggi dan 45% untuk pH netral. Variasi suhu awal air dapat mempengaruhi rata-rata suhu, pH, dan jumlah *E.coli* selama proses desinfeksi. Rata-rata suhu cenderung mengalami peningkatan, rata-rata pH cenderung mencapai stabil pada pH 4.8 hingga 5.5 dan jumlah *E.coli* cenderung mengalami penurunan. Reduksi jumlah *E.coli* disebabkan oleh efek mekanis dari aktivitas pompa dan nozzle microbubble, efek kimia dari adanya gas CO<sub>2</sub> dan tekanan, serta efek panas dari peningkatan suhu. Suhu yang paling efektif untuk mendesinfeksi *E.coli* adalah 40°C (T40). Pada T40 dengan suhu dan pH akhir sebesar 55°C dan 5.0, jumlah *E.coli* yang semula 1.5 x 10<sup>6</sup> CFU/ml, tereduksi menjadi 0.2 x 10<sup>6</sup> CFU/ml atau 2 x 10<sup>3</sup> CFU/100ml serta efektivitas desinfeksi sebesar 86.7%. [7]

### Produk Samping Desinfeksi

Klorin dan kloramin adalah disinfektan sekunder yang efektif, dan ketika klorin ditambahkan ke air, akan menghasilkan Oksigen *nascent* yang mampu membunuh bakteri dengan murah dan paling andal. Saat dilarutkan dalam air, klorin gas dengan cepat membentuk asam hipoklorit (HOCl), yang kemudian berdisosiasi menjadi ion hipoklorit (OCl<sup>-</sup>). [11]. Di sisinya sebagai metode efisien untuk menonaktifkan patogen, reaksi klorin dengan zat

organik terlarut dapat menyebabkan terbentuknya produk sampingan desinfeksi karsinogenik (*Disinfection by product* /DBP) yang telah diidentifikasi, dan sebelas (empat trihalometana, lima asam haloasetat, bromat, dan klorit) saat ini diatur di Amerika Serikat. [12]

Produk sampingan desinfeksi (DBP), dosis chorine, suhu, pH, waktu kontak, kandungan bahan organik yang terkandung dalam air, dan jenis material pipa yang digunakan. Dosis disinfektan Klorin yang tinggi menyebabkan pembentukan lebih banyak asam hipoklorit yang bereaksi dengan NOM, akibatnya, lebih banyak DBP terbentuk. Waktu kontak yang lama menghasilkan lebih banyak DBP karena panjangnya waktu reaksi yang ada untuk bereaksi dengan sisa klorin. Suhu mempengaruhi kinetika reaksi, peningkatan suhu pada klorinasi berpengaruh pada pembentukan lebih banyak *Tri Halo Methane* /THM karena lingkungan yang lebih hangat meningkatkan laju reaksi. Air dengan pH tinggi akan menghasilkan lebih banyak THM, sedangkan lebih banyak *Hallo Acetic Acid* /HAA terbentuk pada nilai pH rendah. DBP dibentuk oleh reaksi disinfektan dengan NOM atau komponen air lainnya oleh karena itu, NOM memainkan peran penting dalam pembentukan DBP. Klor bereaksi berbeda dengan bahan pipa dan pembentukan DBP bervariasi dengan jenis bahan pipa yang digunakan dalam distribusi air. Urutan potensi pembentukan THM pada tiga jenis pipa adalah PE > DI > SS, diakibatkan penurunan nilai klorin dalam pipa SS sehingga hanya sejumlah kecil klorin akan tertinggal dalam air curah untuk bereaksi dengan zat organik untuk menghasilkan DBP. [13]

### **Produk Samping Desinfeksi**

Untuk mengontrol pembentukan produk sampingan desinfeksi (DBP), mengilangkan prekursor organik sebelum proses desinfeksi sangatlah penting. [14] dan juga zat organik alami (*Natural Organic Matter/NOM*), yang dianggap sebagai prekursor DBP yang dominan. [15]

Kondisi pra-klorinasi (DBP pra-dihasilkan) selama rangkaian pengolahan air minum yang berbeda di delapan instalasi pengolahan air minum (WTP) skala penuh diselidiki melalui studi lapangan dan laboratorium. Ini menunjukkan bahwa bahan organik yang teradsorpsi pada karbon aktif yang lebih tua menghasilkan lebih banyak HAA dan HAN selama pra-klorinasi, yang menghambat adsorpsi DBP pra-generasi. Kemampuan GAC/O3- BAC untuk menghilangkan HAA dan HAN konsisten dengan zat organik seperti protein dan berat molekul rendah, yang dapat memprediksi kinerja GAC dan O3-BAC dalam merawat DBP. Penilaian toksisitas DBP dalam air jadi dan kinerja proses pengolahan air minum dengan pemahaman tentang filter GAC/BAC. [13], [16]

Produk samping desinfeksi klorinasi (DBP) ini bersifat genotoksik, karsinogenik, dan mutagenik. Faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan DBP yang diatur (THM, HAA) dan DBP baru (N-DBP, HK, HA, dan DBP aromatik) yang ditemukan dalam air minum. Fasilitas Pengolahan Air Hillsborough County (HCWTFs) menggunakan klorinasi untuk desinfeksi air, yang menghasilkan berbagai produk sampingan klorin akibat reaksi oksidasi dengan bahan organik alami (NOM) dan klorin dalam air juga dapat mengurangi dosis disinfektan tambahan dengan mengurangi permintaan oksidan. Menggunakan kloramin sebagai disinfektan sekunder juga dapat mengurangi kebutuhan klorin sehingga menurunkan pembentukan DBP. Istilah "kloramin" dan "penambahan amonia" dipertukarkan dan digunakan secara sinonim. Pembentukan THM, HAA, dan sebagian besar DBP lain yang dihasilkan dari klorinasi. Pembentukan DBP dinilai menggunakan tes SDS untuk memprediksi jumlah DBP yang akan terbentuk dalam sistem distribusi. Dosis klorin, suhu inkubasi, dan waktu penahanan inkubasi adalah parameter yang digunakan untuk mensimulasikan kondisi HCWTF dan sistem distribusinya. kloramin, juga dikenal sebagai klorin gabungan, lebih efektif dalam mengendalikan pertumbuhan mikroba dalam sistem distribusi, memiliki ambang bau yang lebih rendah, dan umumnya lebih stabil daripada penggunaan klorin bebas saja.[8]

### Kesimpulan

Desinfeksi air berguna untuk membunuh mikroorganisme, mencegah penumpukan mikroorganisme yang dapat merugikan kehidupan organisme lain. Pilihan metode desinfeksi bergantung antara lain pada efisiensi proses dalam menghilangkan patogen, keakuratan pemantauan dan pengendalian proses, kemudahan penanganan residu proses, estetika produk akhir, serta ketersediaan dan kegunaan produk, proses, dan teknologi. Dalam perkembangannya, desinfeksi air yang paling umum digunakan untuk menghilangkan klorin *E.Coli* dan kloramin (klorinasi), ozon (ozonasi), dan radiasi ultraviolet. Namun proses desinfeksi klorinasi telah ditetapkan batas maksimum konsentrasi senyawa *Tri Halo Methane /THM*, yaitu senyawa karsinogenetik atau senyawa yang dapat memicu terjadinya kanker.

### Daftar Rujukan

- [1] M. Moklesur Rahman, Tasfimul H., Azhar M., Md Al Amin, Md Sahadat H., Md. Yeasir H., M. R. Shaibur, S. Hossain, Md Alamgir H., Ling Bai, Drinking water quality assessment based on index values incorporating WHO guidelines and Bangladesh standards, *Physics and Chemistry of the Earth*, 2023
- [2] Das, T.K., Rani, K., Mamun, A.M., Howlader, M., Shaibur, M.R., 2021a. Determination and distribution of groundwater composition in deep aquifer of Satkhira Municipality, Bangladesh. *Pol. J. Environ. Stud.* 30 (5), 4485–4496. [https://doi.org/ 10.15244/pjoes/132635](https://doi.org/10.15244/pjoes/132635).
- [3] Zhang, Q., Qian, H., Xu, P., Hou, K., Yang, F., 2021. Groundwater quality assessment using a new integrated-weight water quality index (IWQI) and driver analysis in the Jiaokou Irrigation District, China. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 212. [https://doi.org/ 10.1016/j.ecoenv.2021.111992](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111992).
- [4] Chakraborty, B., Roy, S., Bera, B., Adhikary, P., Bhattacharjee, S., Sengupta, D., Shit, P. K., 2022. Evaluation of groundwater quality and its impact on human health: a case study from Chotanagpur plateau fringe region in India. *Appl. Water Sci.* 12, 25. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01539-6>.
- [5] A. Susanto, A. Riyanto, E. K. Putro, U. Amrina, J. C. Wilmot, and S. M. Quds, “Analisis Kualitas Air Berdasarkan Konsentrasi Ozon (O<sub>3</sub>) pada Penyediaan Air Minum (PAM) di Gedung Perkantoran,” *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 21, no. 2, pp. 122–130, Jun. 2022, doi: 10.14710/jkli.21.2.122-130.
- [6] F. N. Nabih, A. Takwanto, and M. Rahayu, “Pengaruh Konsentrasi Ozon Terhadap Nilai Ph Dan Total Dissolve Solid (TDS) Produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK),” *Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 347–352, 2021, [Online]. Available: <http://distilat.polinema.ac.id>.
- [7] E. Kurniati, F. Anugroho, and A. A. Sulianto, “Analisis Pengaruh pH dan Suhu pada Desinfeksi Air Menggunakan Microbubble dan Karbondioksida Bertekanan,” *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, vol. 10, no. 2, pp. 247–256, Jul. 2020, doi: 10.29244/jpsl.10.2.247-256.
- [8] C. Chen, L. Guo, Y. Yang, K. Oguma, and L. an Hou, “Comparative effectiveness of membrane technologies and disinfection methods for virus elimination in water: A review,” *Science of the Total Environment*, vol. 801. Elsevier B.V., Dec. 20, 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149678.
- [9] G. H. Cahyana, “Desinfeksi Novel Corona Virus di Dalam Air Minum PDAM dan Air Limbah Untuk Fase Normal Baru,” *Serambi Engineering*, vol. V, no. 3, 2020.
- [10] B. J. M. Chaúque and M. B. Rott, “Solar disinfection (SODIS) technologies as alternative for large-scale public drinking water supply: Advances and challenges,” *Chemosphere*, vol. 281. Elsevier Ltd, Oct. 01, 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130754.
- [11] D. G. Ebsa and W. T. Dibaba, “Assessment of drinking water treatment and disinfection by-products,” *S Afr J Chem Eng*, vol. 41, pp. 85–92, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.sajce.2022.05.003.
- [12] L. T. Leonard *et al.*, “Disinfection byproducts formed during drinking water treatment reveal an export control point for dissolved organic matter in a subalpine headwater stream,” *Water Res X*, vol. 15, May 2022, doi: 10.1016/j.wroa.2022.100144.
- [13] S. Kali *et al.*, “Occurrence, influencing factors, toxicity, regulations, and abatement approaches for disinfection by-products in chlorinated drinking water: A comprehensive review,” *Environmental Pollution*, vol. 281. Elsevier Ltd, Jul. 15, 2021, doi: 10.1016/j.envpol.2021.116950.
- [14] Y. Zhang, I. Silverman, S. I. Shayan, Q. Zhang, L. Mulford, and G. T. Iranipour, “Removal of disinfection byproduct precursors by granular activated carbon: Hillsborough county water treatment facility case study,” *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 6, Dec. 2022, doi:

- 10.1016/j.cscee.2022.100254.
- [15] M. Valenti-Quiroga, P. Daunis-i-Estadella, P. Emiliano, F. Valero, and M. J. Martin, “NOM fractionation by HPSEC-DAD-OCD for predicting trihalomethane disinfection by-product formation potential in full-scale drinking water treatment plants,” *Water Res*, vol. 227, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.watres.2022.119314.
- [16] Y. Yu, X. Huang, R. Chen, L. Pan, and B. Shi, “Control of disinfection byproducts in drinking water treatment plants: Insight into activated carbon filter,” *Chemosphere*, vol. 280, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130958.