

Pengaruh Penyemprotan Air Berozon terhadap Jumlah Koloni Staphylococcus aureus : Uji Laboratorium

Nur Chabibah ^{1*}, Wirasti ²

¹ Department of Midwifery, Faculty of Health Sciences, Muhammadiyah University of Pekajangan Pekalongan, Pekalongan, Indonesia

² Department of Pharmacy, Faculty of Health Sciences, Muhammadiyah University of Pekajangan Pekalongan, Pekalongan, Indonesia

* Corresponding author: nchabibah@ymail.com

Received: 25-9-2026

Revised: 20-10-2026

Accepted: 21-10-2026

Abstract

Ozonated water has potential antimicrobial activity, but its effectiveness against *Staphylococcus aureus* under different spraying conditions requires further evaluation. This study aimed to evaluate changes in *S. aureus* colony counts following the application of ozonated water using different spraying frequencies under laboratory conditions. An experimental laboratory study was conducted using *S. aureus* cultures. Ozonated water was applied by spraying at different frequencies, and colony counts were assessed at 2, 4, and 6 hours after treatment. A negative control was used for comparison. The data were analyzed using the Friedman test. Further methodological details, including the number of replicates, ozone concentration, contact time, and post-hoc analysis, need to be specified based on the original experimental records. The reported mean colony counts in the group receiving one spray were 765.25, 454.00, and 46.75 at 2, 4, and 6 hours, respectively. In the three-spray group, the corresponding means were 566.25, 354.50, and 56.75, whereas the five-spray group showed means of 159.00, 122.75, and 25.50. The reported negative-control mean was 1,123.50. The reported findings indicate a reduction in *S. aureus* colony counts over the observation period in the tested groups. Further analysis is required to establish the comparative effectiveness of spraying frequencies and to determine the conditions under which ozonated water may be effective as a surface disinfectant.

Keywords: Ozonated water; *Staphylococcus aureus*; colony count; spraying; antimicrobial activity.

Abstrak

Air terozonasi memiliki potensi aktivitas antimikroba, namun efektivitasnya terhadap *Staphylococcus aureus* pada berbagai kondisi penyemprotan memerlukan evaluasi lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan jumlah koloni *S. aureus* setelah aplikasi air terozonasi dengan frekuensi penyemprotan yang berbeda dalam kondisi laboratorium. Studi eksperimental laboratorium dilakukan menggunakan kultur *S. aureus*. Air terozonasi diaplikasikan melalui penyemprotan dengan frekuensi yang berbeda, dan jumlah koloni diamati pada jam ke-2, ke-4, dan ke-6 setelah perlakuan. Kontrol negatif digunakan sebagai pembanding. Data dianalisis menggunakan uji Friedman dengan memperhatikan jumlah ulangan, konsentrasi ozon, waktu kontak, dan analisis post perlakuan. Rata-rata jumlah koloni yang dilaporkan pada kelompok dengan satu kali penyemprotan adalah 765,25; 454,00; dan 46,75 masing-masing pada jam ke-2, ke-4, dan ke-6. Pada kelompok dengan tiga kali penyemprotan, nilai rata-ratanya adalah 566,25; 354,50; dan 56,75, sedangkan kelompok dengan lima kali penyemprotan menunjukkan nilai rata-rata 159,00; 122,75; dan 25,50. Rata-rata pada kelompok kontrol negatif yang dilaporkan adalah 1.123,50. Temuan yang dilaporkan menunjukkan adanya penurunan jumlah koloni *S. aureus* selama periode pengamatan pada kelompok-kelompok yang diuji. Analisis lebih lanjut diperlukan untuk menentukan perbandingan efektivitas frekuensi penyemprotan serta kondisi di mana air terozonasi dapat efektif sebagai disinfektan permukaan.

Kata kunci : Terozonasi udara; stafilokokus aureus; jumlah koloni; penyemprotan; aktivitas antimikroba.

1. Pendahuluan

Staphylococcus aureus adalah bakteri Gram-positif yang dapat mengkolonisasi kulit dan lubang hidung bagian depan manusia. Meskipun kolonisasi tidak selalu menyebabkan penyakit, *S. aureus* dapat menyebabkan infeksi dalam kondisi rentan dan dapat berkontribusi pada penularan strain yang resisten terhadap antimikroba. Oleh karena itu, mengurangi kontaminasi bakteri pada permukaan yang sering disentuh merupakan komponen penting dari pencegahan infeksi. Namun, efektivitas disinfektan bergantung pada formulasinya, konsentrasi, waktu kontak, metode aplikasi, dan karakteristik permukaan yang terkontaminasi. [1] .

Staphylococcus aureus merupakan patogen bakteri penting yang terkait dengan berbagai infeksi pada manusia. Selain signifikansi klinisnya, kontaminasi pada permukaan yang sering disentuh dapat berkontribusi pada persistensi dan penularan organisme ini di lingkungan perawatan kesehatan dan masyarakat. Oleh karena itu, mengevaluasi metode untuk mengurangi jumlah *S. aureus* yang masih hidup pada permukaan yang terkontaminasi sangat relevan dengan pencegahan infeksi. Namun, besarnya manfaat ini bergantung pada efektivitas prosedur disinfeksi dalam kondisi spesifik penggunaannya.

Disinfektan banyak digunakan untuk mengurangi kontaminasi mikroba pada permukaan lingkungan. Namun, penggunaannya harus mengikuti petunjuk khusus produk dan tindakan pencegahan keselamatan yang telah ditetapkan. Penyemprotan disinfektan langsung ke tubuh manusia bukanlah pengganti yang tepat untuk praktik kebersihan yang telah ditetapkan dan dapat membuat individu terpapar zat berbahaya. Oleh karena itu, evaluasi metode disinfeksi alternatif harus mempertimbangkan efektivitas antimikroba dan keamanan aplikasi yang dimaksud. Dalam konteks ini, air berozon layak untuk dievaluasi secara eksperimental, khususnya terkait kemampuannya untuk mengurangi jumlah bakteri hidup dalam kondisi laboratorium yang telah ditentukan. (2) Dalam penelitian sebelumnya, tim yang mengusulkan telah melakukan pembuatan prototipe alat penghasil ozon sebagai alternatif ramah lingkungan untuk disinfektan. Metode yang digunakan untuk membentuk ozon adalah dengan mengalirkan udara bebas yang mengandung sekitar 20% oksigen ke dalam tabung pelepasan korona listrik tegangan tinggi, kemudian ozon dilarutkan dalam air untuk membentuk radikal hidroksil yang merupakan agen pengoksidasi kuat untuk membunuh bakteri, virus, dan jamur. [3]

Air berozon diproduksi dengan melarutkan ozon (O_3) dalam air. Ozon adalah agen pengoksidasi reaktif yang dapat berkontribusi pada inaktivasi mikroba melalui kerusakan oksidatif pada komponen seluler. Aktivitas antimikroba air berozon bergantung pada faktor-faktor seperti konsentrasi ozon terlarut, waktu kontak, karakteristik air, dan jenis mikroorganisme. Meskipun spesies oksigen reaktif mungkin terlibat dalam oksidasi yang dimediasi ozon, keberadaan dan kontribusi spesies tertentu, seperti radikal hidroksil ($-OH$), tidak boleh diasumsikan kecuali jika

telah ditetapkan dengan metode analitik yang tepat. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi perubahan jumlah koloni *S. aureus* setelah penyemprotan air berozon daripada mengasumsikan mekanisme spesifik yang dimediasi radikal. Penelitian sebelumnya telah menyelidiki aktivitas antimikroba ozon dan air berozon terhadap berbagai mikroorganisme dalam kondisi eksperimental yang berbeda. Namun, kemanjuran antimikroba bergantung pada konteks dan dapat bervariasi sesuai dengan konsentrasi ozon, kondisi paparan, metode aplikasi, dan mikroorganisme yang diuji. [4]

Oleh karena itu, efek yang diamati dalam satu pengaturan eksperimental tidak dapat secara otomatis digeneralisasikan ke pengaturan lain. Studi ini meneliti perubahan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* setelah frekuensi penyemprotan air berozon yang berbeda dan di seluruh interval pengamatan yang ditentukan dalam kondisi laboratorium. Kontribusinya terletak pada evaluasi kondisi perlakuan spesifik ini. Temuan ini dimaksudkan untuk memberikan bukti eksperimental awal untuk penyelidikan lebih lanjut, bukan untuk menetapkan efektivitas atau keamanan air berozon untuk disinfeksi ruangan rutin. (5). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* setelah aplikasi air berozon menggunakan frekuensi penyemprotan dan interval pengamatan yang berbeda dalam kondisi laboratorium. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan perubahan jumlah koloni *S. aureus* dari waktu ke waktu dan membandingkan hasil yang diamati di antara kelompok frekuensi penyemprotan yang diuji.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental berbasis laboratorium untuk mengevaluasi perubahan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* setelah penyemprotan air berozon. Kondisi eksperimental meliputi variasi frekuensi penyemprotan dan kontrol negatif. Jumlah koloni dinilai pada interval pengamatan yang telah ditentukan. Unit eksperimental didefinisikan sebagai cawan, kultur, sampel, atau unit eksperimental aktual lainnya yang independen. Setiap kondisi diuji menggunakan sejumlah replikasi biologis independen dan replikasi teknis tertentu, jika berlaku. Jumlah replikasi ditentukan berdasarkan perhitungan ukuran sampel awal dan bukti eksperimental sebelumnya. Kondisi kontrol negatif digunakan untuk mengkarakterisasi jumlah koloni bakteri tanpa pengolahan air berozon. Alasan pemilihan desain eksperimental dan penanganan pengukuran berulang ditetapkan sebelum analisis statistik.

Studi eksperimental berbasis laboratorium ini dilakukan di laboratorium biologi Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan, Pekalongan, Indonesia, dari Mei hingga November 2021. Semua prosedur

eksperimental dilakukan di bawah kondisi laboratorium yang ditentukan dalam protokol studi. Suhu dan kondisi lingkungan lainnya yang relevan dengan eksperimen dicatat jika berlaku.

1. ALAT DAN BAHAN.

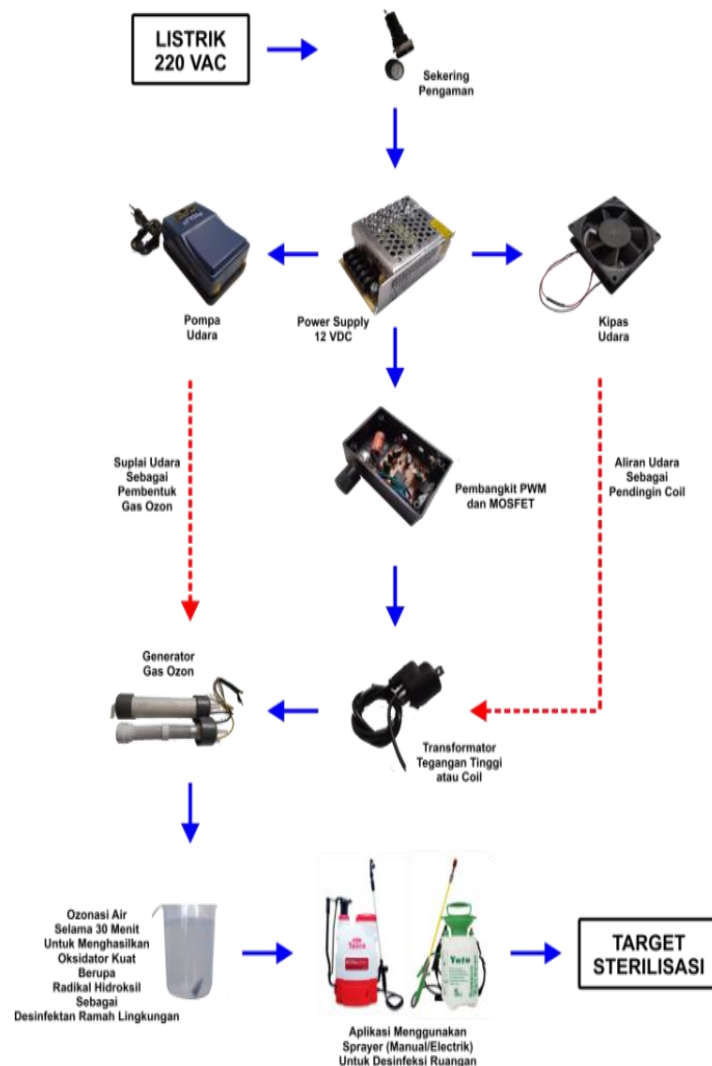
Generator ozon, air suling ganda, oksigen kelas medis, catu daya 220 volt, penyemprot kabut, kultur *Staphylococcus aureus*, penghitung koloni, sarung tangan, kabinet aliran udara laminar, inkubator, penjepit, silinder ukur.

2. METODE

a. Persiapan dan Aplikasi Air Ozon

Air yang diozonisasi disiapkan menggunakan prototipe generator ozon yang diproduksi oleh Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Ilmu Kesehatan bekerja sama dengan Laboratorium Elektronika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer di UMPP, dengan memanfaatkan sumber oksigen kelas medis. Air yang digunakan untuk ozonisasi adalah air demineralisasi dengan volume 1000 mL. Proses ozonisasi dilakukan selama 10-15 menit, dengan suhu air dijaga pada 25 °C selama pengolahan. Konsentrasi ozon terlarut adalah 0,5-0,6 ppm, ditentukan melalui perhitungan. Interval waktu antara ozonasi dan aplikasi diperkirakan 3–5 menit. Kondisi penyimpanan melibatkan pendinginan pada suhu 5°C di lingkungan yang gelap.

Air berozon diaplikasikan menggunakan alat penyemprot pada jarak 10–15 cm dari permukaan uji, menghasilkan ukuran partikel 0,2 mm. Penyemprotan dilakukan sesuai dengan kondisi perlakuan yang telah ditetapkan, dengan jumlah penyemprotan aktual dan interval pengamatan didokumentasikan untuk setiap perlakuan unit eksperimental.



Gambar 3.1 Gambaran Umum Prosedur Pengoperasian Generator Ozon

b. Reproduksiabilitas dan stabilitas ozon

Karena ozon terlarut tidak stabil, interval waktu antara persiapan air berozon dan aplikasinya memengaruhi reprodutivitas pengobatan. Dalam penelitian ini, interval waktu antara persiapan dan aplikasi beserta kondisi penyimpanan adalah 3 - 5 menit. Konsentrasi ozon diperkirakan menggunakan pendekatan rumus kelarutan dan metode yang melibatkan pelarutan gas ozon dalam air melalui batu difuser (batu aerator).

c. Fase Pengobatan

Untuk penghitungan koloni kuantitatif sebelum perlakuan, cawan petri yang berisi sekitar 30–300 koloni lebih disukai, asalkan kisaran ini sesuai dengan metode kultur yang digunakan. Cawan petri yang berada di luar kisaran yang dapat dihitung ditangani sesuai dengan protokol penghitungan laboratorium yang telah ditetapkan.

Faktor pengenceran, volume inokulum yang ditanam, dan jumlah cawan petri replikasi dicatat untuk setiap sampel. Penghitungan koloni diperoleh menggunakan kriteria penghitungan yang konsisten dan telah ditetapkan sebelumnya di semua kondisi perlakuan dan kontrol. Data penghitungan koloni dicatat untuk setiap replikasi eksperimen sebelum analisis statistik deskriptif. Prosedur untuk persiapan inokulum, aplikasi perlakuan, pemulihan bakteri, dan penghitungan koloni yang layak dipertahankan secara konsisten di semua kelompok eksperimen. Sampel yang telah diidentifikasi jumlah koloni *Staphylococcus aureus*-nya disemprot dengan air berozon. menggunakan dosis mulai dari satu hingga lima semprotan dengan perkiraan ukuran partikel 0,2 mm dengan interval dua jam. Jumlah koloni ditentukan sebelum setiap penyemprotan berikutnya. Data yang dihasilkan dianalisis secara statistik menggunakan Stata 14.2 melalui uji Friedman pada tingkat signifikansi 95%.

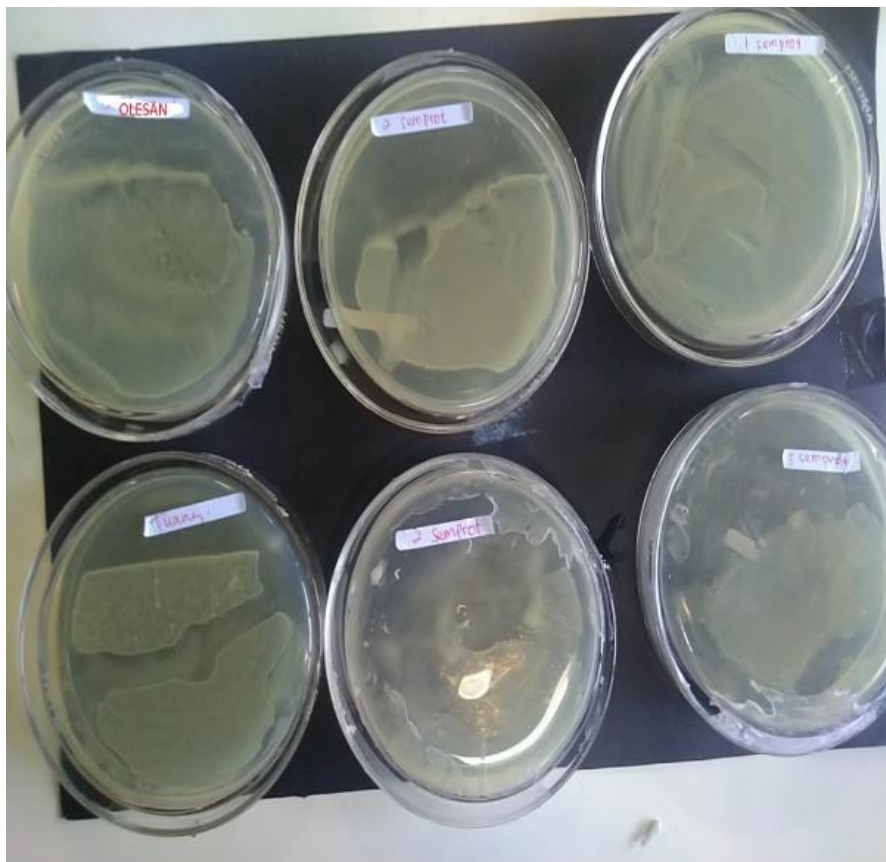
3. Hasil dan Diskusi

a. Hasil

Pada tahap pengujian air berozon skala laboratorium, pengujian dilakukan menggunakan media cair berupa kaldu nutrisi dan media padat berupa Sabaround Agar (SGA). Media tersebut diinokulasi dengan bakteri *Staphylococcus aureus* yang telah ditumbuhkan selama 24 jam. Media tersebut kemudian diberi perlakuan dengan menyemprotkan air berozon menggunakan beberapa teknik perlakuan, yaitu penyemprotan, penggosokan, dan penuangan/perendaman. Hasil pengujian pada media cair adalah sebagai berikut:



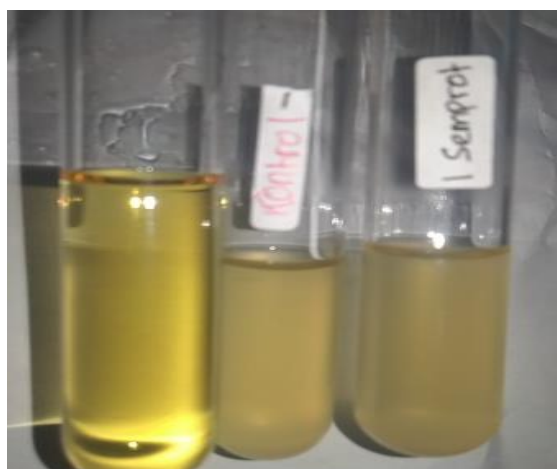
Gambar 1. Perbandingan teknik implementasi semprot dan tuang untuk disinfeksi dengan air berozon.



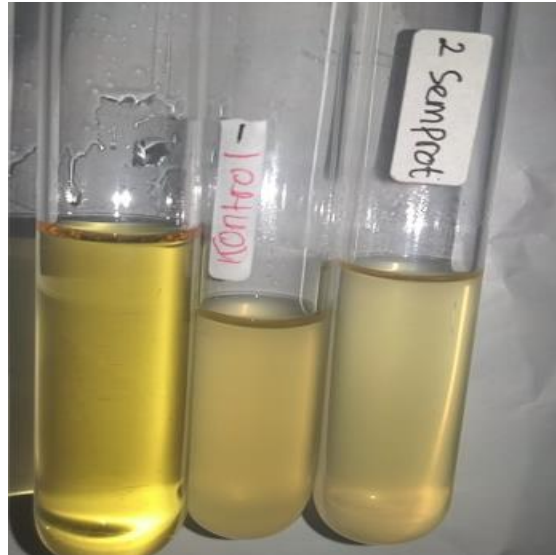
Gambar 2. Perbandingan teknik penerapan penyemprotan, pengolesan, dan penuangan disinfektan dengan air berozon.

Hasil pengobatan dengan setiap dosis penyemprotan air berozon, yaitu 1 dosis semprot, 2 dosis semprot, 3 dosis semprot, 4 dosis semprot, dan 5 dosis semprot adalah sebagai berikut:

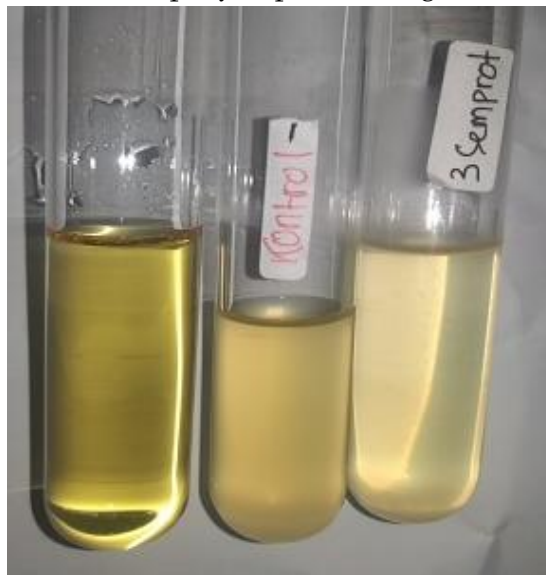
Gambar 3. Hasil penyemprotan dengan dosis 1 kali



Gambar 4. Hasil penyemprotan dengan dosis 2 kali



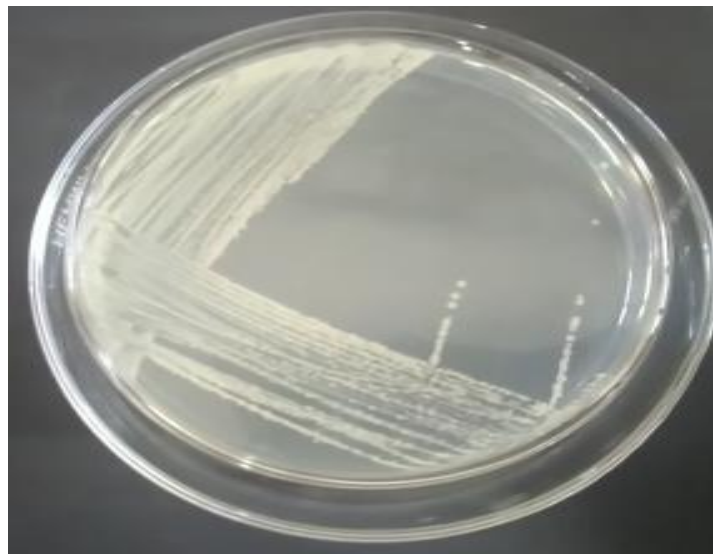
Gambar 5. Hasil penyemprotan dengan dosis 3 kali



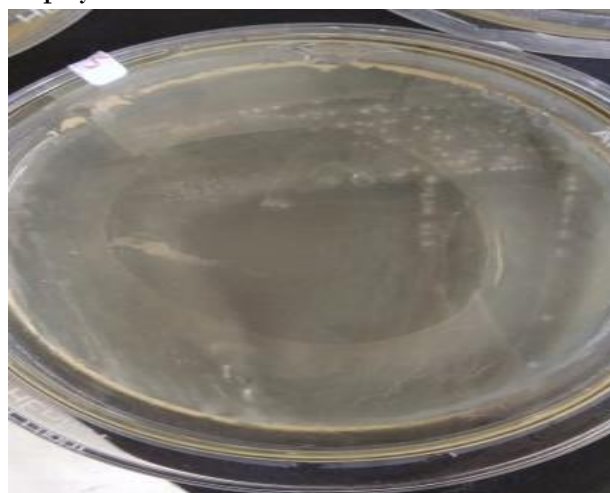
Gambar 6. Hasil penyemprotan dengan dosis 4 kali



Gambar 7. Koloni *Staphylococcus aureus* Sebelum Perawatan



Gambar 8. Koloni *Staphylococcus aureus* Setelah 5 Dosis Perawatan Semprot



Tabel 1. Analisis perbedaan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* sebelum dan setelah intervensi

Koloni <i>Staphylococcus aureus</i>	Rata-rata $\pm$ SD	Nilai P
Kontrol negatif	1123,5 $\pm$ 80,71	0,001
Setelah 2 jam, semprot 1 kali.	765,25 $\pm$ 144,91	
Setelah 4 jam, semprot 1 kali.	454 $\pm$ 94,93	
Setelah 6 jam, semprotkan 1 kali.	46,75 $\pm$ 13,62	
Kontrol negatif	1123,5 $\pm$ 80,71	0,001
Setelah 2 jam, semprot 3 kali.	566,25 $\pm$ 127,02	
Setelah 4 jam, semprot 3 kali.	354,5 $\pm$ 113,74	
Semprotkan 3 kali setelah 6 jam.	56,75 $\pm$ 99,38	
Kontrol negatif	1123,5 $\pm$ 80,71	0,001
Semprotkan 5 kali setelah 2 jam.	159 $\pm$ 71,60	
Semprotkan 5 kali setelah 4 jam.	122,75 $\pm$ 54,41	
Semprotkan 5 kali setelah 6 jam.	25,5 $\pm$ 51	

Rata-rata jumlah koloni yang dilaporkan menurun selama periode pengamatan di ketiga kelompok penyemprotan air berozon. Pada kelompok satu kali penyemprotan, rata-rata jumlah koloni menurun dari 765,25 pada 2 jam menjadi 454,00 pada 4 jam dan 46,75 pada 6 jam. Pada kelompok tiga kali penyemprotan, nilai yang sesuai adalah 566,25, 354,50, dan 56,75. Pada kelompok lima kali penyemprotan, rata-rata jumlah koloni adalah 159,00, 122,75, dan 25,50 pada interval pengamatan masing-masing. Rata-rata kontrol negatif yang dilaporkan adalah 1.123,50. Temuan deskriptif ini menunjukkan penurunan jumlah koloni yang dilaporkan seiring waktu; namun, kontribusi relatif dari frekuensi penyemprotan, durasi paparan, dan kondisi eksperimental lainnya tidak dapat dibedakan tanpa analisis terverifikasi dari struktur kontrol dan data yang mendasarinya. Hasil lengkap, termasuk jumlah replikasi, satuan, ukuran variabilitas, dan perbandingan statistik, disajikan dalam Tabel 1.

PEMBAHASAN

Hasil analisis Friedman tentang jumlah koloni setelah penyemprotan dengan kontrol negatif, baik saat penyemprotan 1 kali, 3 kali, dan 5 kali setelah 2 jam, 4 jam, dan 6 jam, menunjukkan efektivitas air berozon dalam mengurangi jumlah koloni *Staphylococcus aureus* (nilai $p = 0,001$). Temuan utama penelitian ini adalah penurunan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* yang dilaporkan selama periode pengamatan pada kelompok penyemprotan air berozon. Jumlah rata-rata terendah yang dilaporkan pada 6 jam diamati pada kelompok lima kali penyemprotan, diikuti oleh kelompok satu kali penyemprotan dan tiga kali penyemprotan. Namun demikian, urutan deskriptif ini tidak boleh diartikan sebagai bukti perbedaan yang signifikan secara statistik antara frekuensi penyemprotan kecuali didukung oleh perbandingan antar kelompok yang sesuai. Beberapa faktor dapat memengaruhi pola yang diamati, termasuk jumlah air berozon yang diaplikasikan, konsentrasi ozon

terlarut aktual, kondisi kontak, dan stabilitas ozon antara persiapan dan aplikasi. Karena parameter-parameter ini menentukan paparan yang efektif, jumlah penyemprotan saja mungkin tidak memberikan ukuran dosis pengobatan yang cukup. Selain itu, ketiadaan pengukuran konsentrasi yang terverifikasi akan membatasi kemampuan untuk mengaitkan perubahan yang diamati secara spesifik dengan paparan ozon.

Oleh karena itu, temuan tersebut harus diinterpretasikan sebagai pengamatan laboratorium awal mengenai perubahan jumlah koloni dalam kondisi yang diuji. Percobaan lebih lanjut dengan konsentrasi ozon terkontrol, volume aplikasi standar, waktu kontak yang ditentukan, dan kontrol yang sesuai diperlukan untuk menetapkan reproduktivitas dan efektivitas komparatif dari perlakuan tersebut. Fungsi utama ozon adalah sebagai oksidator dan disinfektan yang kuat, efektif, dan aman. Penerapan teknologi ozon pada penanganan produk pertanian dapat melarutkan kontaminasi pestisida, bakteri, dan logam berat yang menempel pada permukaan/kulit sayuran dan buah-buahan, sehingga aman untuk dikonsumsi manusia. [6] Ozon dapat diproduksi menggunakan metode pelepasan diam, yaitu dengan melewati udara (20% di antaranya adalah oksigen) melalui celah sempit dengan perbedaan tegangan arus bolak-balik (AC) orde kilovolt. [7] Tujuan produksi ozon menggunakan metode pelepasan yang terhalang secara elektrik adalah untuk mendapatkan ozon konsentrasi rendah antara 0,01 ppm dan 4,00 ppm yang dapat diaplikasikan di sektor pertanian, kesehatan, lingkungan dan industri [8] [9].

Ozon adalah agen pengoksidasi reaktif yang aktivitas antimikrobanya bergantung pada konsentrasi yang diberikan dan kondisi paparan. Efektivitas air berozon tidak dapat disimpulkan hanya dari waktu persiapan saja karena konsentrasi ozon terlarut dapat berubah selama penyimpanan dan penanganan. Pertimbangan ini sangat relevan ketika menafsirkan hasil dari percobaan di mana konsentrasi ozon dan kondisi paparan tidak dikuantifikasi secara langsung. Waktu paruh ozon dalam air sekitar 20 menit dan di udara sekitar 16 jam. [9] Fungsi ozon sebagai disinfektan ditunjukkan oleh beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan. Penggunaan konsentrasi ozon kurang dari 0,5 mg/liter mampu membunuh mikroorganisme di ruangan, terutama ruang bermain anak-anak. [10] [11] Konsentrasi ozon yang umum digunakan untuk proses sterilisasi adalah antara 0,5-0,8 mg/liter. [12] [13] [14].

Pengamatan visual dari percobaan media cair menunjukkan perbedaan di antara metode aplikasi yang diuji. Namun, kejelasan visual saja tidak cukup untuk menetapkan kemanjuran antimikroba. Karena hasil kuantitatif utama dari penelitian ini adalah jumlah koloni bakteri, interpretasi efektivitas pengobatan harus terutama didasarkan pada data penghitungan koloni yang terverifikasi dan perbandingan statistik yang sesuai. Penerapan teknologi ozon pada penanganan produk pertanian dapat melarutkan kontaminasi pestisida, bakteri, dan logam berat yang menempel pada permukaan/kulit sayuran dan buah-buahan, sehingga aman untuk dikonsumsi

manusia. [6] · [7] Ozon dapat diproduksi menggunakan metode pelepasan diam, yaitu dengan melewati udara (20% di antaranya adalah oksigen) melalui celah sempit dengan perbedaan tegangan arus bolak-balik (AC) orde kilovolt · [8] · [9]

Tujuan pembuatan ozon dengan metode pelepasan terblokir listrik adalah untuk mendapatkan ozon konsentrasi rendah antara 0,01 ppm hingga 4,00 ppm yang dapat diaplikasikan di bidang pertanian, kesehatan, lingkungan, dan industri. Molekul ozon yang terbentuk dalam generator ozon relatif tidak stabil, karena selain adanya tiga atom oksigen dalam satu molekul ozon yang padat, juga karena hamburan muatan elektron dari setiap atom oksigen dalam molekul ozon. Waktu paruh ozon dalam air sekitar 20 menit dan di udara sekitar 16 jam. [15] · [10] Fungsi ozon sebagai disinfektan ditunjukkan dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan. Penggunaan konsentrasi ozon kurang dari 0,5 mg/liter mampu membunuh mikroorganisme di dalam ruangan, terutama ruang bermain anak-anak. [11] · [13]

Konsentrasi ozon yang umum digunakan untuk proses sterilisasi adalah antara 0,5-0,6 mg/liter. Temuan penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya tentang air berozon terhadap kontaminasi bakteri. Meskipun penelitian sebelumnya telah melaporkan efek antimikroba dalam kondisi eksperimental tertentu, perbandingan langsung memerlukan pertimbangan perbedaan konsentrasi ozon, durasi paparan, metode aplikasi, strain bakteri, dan pengukuran hasil. Akibatnya, kesepakatan atau ketidaksepakatan antar penelitian harus diinterpretasikan dalam kaitannya dengan perbedaan metodologis ini, bukan semata-mata dikaitkan dengan jenis disinfektan yang digunakan. Perbandingan lebih lanjut dengan penelitian yang menggunakan kondisi perlakuan yang sebanding diperlukan untuk menentukan konsistensi temuan saat ini.

4. Kesimpulan

Dalam kondisi laboratorium yang dievaluasi dalam penelitian ini, jumlah koloni *Staphylococcus aureus* yang dilaporkan menurun selama periode pengamatan pada kelompok penyemprotan air berozon. Namun, hasil yang tersedia belum membuktikan frekuensi penyemprotan yang secara statistik lebih unggul atau kondisi aplikasi yang optimal. Studi lebih lanjut menggunakan konsentrasi ozon standar, waktu kontak yang ditentukan, kontrol yang tepat, dan analisis kuantitatif lengkap diperlukan untuk mengkonfirmasi reproduktivitas dan efektivitas antimikroba air berozon. Temuan saat ini tidak boleh digeneralisasikan untuk disinfeksi ruangan rutin tanpa validasi tambahan dalam kondisi lingkungan yang relevan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasihnya kepada Institut Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah, Pekajangan Pekalongan dan Laboratorium Farmasi Fakultas Ilmu Kesehatan.

Referensi

- [1] B. Choudhury, S. Portugal, N. Mastanaiah, JA Johnson, dan S. Roy, “Inaktivasi *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus* resisten metisilin dalam sistem air terbuka dengan ozon yang dihasilkan oleh reaktor plasma DBD atmosfer kompak,” *Scientific Reports*, vol. 8, no. 1, Art. no. 17573, 2018, doi:10.1038/s41598-018-36003-0
- [2] WAF Dewi, “Dampak COVID-19 terhadap Implementasi Pembelajaran Daring di Sekolah Dasar,” *Educational: Journal of Educational Sciences*, vol. 2, no. 1, hlm. 55–61, 2020, doi:10.31004/educational.v2i1.89
- [3] S. Hayakumo, S. Arakawa, M. Takahashi, K. Kondo, Y. Mano, dan Y. Izumi, “Pengaruh air nano-gelembung ozon terhadap bakteri periodontopatik dan sel-sel mulut—studi in vitro,” *Sains dan Teknologi Material Canggih*, vol. 15, no. 5, Art. no. 055003, 2014, doi:10.1088/1468-6996/15/5/055003
- [4] B. Højris, SCB Christensen, H.-J. Albrechtsen, C. Smith, dan M. Dahlqvist, “Sensor bakteri optik online baru untuk memantau kualitas air minum,” *Scientific Reports*, vol. 6, Art. no. 23935, 2016, doi:10.1038/srep23935
- [5] J. Kucera, “Biofouling membran poliamida: Mekanisme pengotoran, strategi mitigasi dan pembersihan saat ini, dan prospek masa depan,” *Membranes*, vol. 9, no. 9, Art. no. 111, 2019, doi:10.3390/membranes9090111
- [6] M. Kumaraswamy, S. Collignon, C. Do, J. Kim, V. Nizet, dan J. Friend, “Dekontaminasi permukaan dengan disinfektan yang diatomisasi yang dihasilkan oleh perangkat litium niobat mode ketebalan baru,” *Mikrobiologi dan Bioteknologi Terapan*, vol. 102, no. 15, hlm. 6459–6467, 2018, doi:10.1007/s00253-018-9088-0
- [7] A. Leewananthawet, S. Arakawa, T. Okano, RD Kinoshita, H. Ashida, Y. Izumi, dan T. Suzuki, “Air gelembung ultrahalus ozon menginduksi sinyal seluler yang terlibat dalam respons stres oksidatif pada fibroblas ligamen periodontal manusia,” *Sains dan Teknologi Material Canggih*, vol. 20, no. 1, hlm. 589–598, 2019, doi:10.1080/14686996.2019.1614980
- [8] A. Megahed, B. Aldridge, dan J. Lowe, “Kapasitas pembunuhan mikroba oleh ozon cair dan gas pada berbagai permukaan yang terkontaminasi dengan kotoran sapi perah,” *PLOS ONE*, vol. 13, no. 5, Art. no. e0196555, 2018, doi:10.1371/journal.pone.0196555
- [9] K. Okubo, T. Ito, Y. Shiota, Y. Kawata, dan T. Yamamoto, “Efektivitas dan keamanan air ozonisasi konsentrasi rendah untuk pengurangan kontaminasi pada saluran air unit dental,” *Heliyon*, vol. 5, no. 8, Art. no. e02306, 2019, doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02306
- [10] RG Silva, J. Szabo, V. Namboodiri, ER Krishnan, J. Rodriguez, dan A. Zeigler, “Evaluasi sistem pengolahan air berbantuan UV yang ramah lingkungan untuk

- menghilangkan spora *Bacillus globigii* dalam air,” *Ilmu dan Teknologi Air: Pasokan Air*, vol. 18, no. 3, hlm. 968–975, 2018, doi: 10.2166/ws.2017.165
- [11] K. Skowron, E. Walecka-Zacharska, K. Grudlewska, A. Białucha, N. Wiktorczyk, A. Bartkowska, et al., “Efektivitas biosida larutan disinfektan terpilih berbasis air dan air berozon terhadap strain *Listeria monocytogenes*,” *Mikroorganisme*, vol. 7, no. 5, Art. no. 127, 2019, doi: 10.3390/microorganisms7050127
- [12] N. Chairunnisa dan ES Lestari, “Faktor-faktor yang mempengaruhi kolonisasi *Staphylococcus aureus* pada anak jalanan di Semarang,” *Artikel Makalah Ilmiah, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia*, 2011. [Online]. Tersedia: https://eprints.undip.ac.id/35971/1/Nadia_Chairunnisa.pdf
- [13] A. Rasini, “Faktor risiko kolonisasi *Streptococcus pneumoniae* di nasofaring anak,” *Skripsi Sarjana, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia*, 2010. [Online]. Tersedia: <https://eprints.undip.ac.id/23139/>
- [14] SA Rosid, “Uji Efek Antibakteri Jus Buah Labu Siam (*Sechium edule*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*,” *Karya Ilmiah, Poltekkes Kemenkes Surabaya, Surabaya, Indonesia*, 2019.
- [15] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Standar Nasional untuk Pendidikan Tinggi*. Jakarta, Indonesia. 2020