

ANALISIS PENGGUNAAN UV ROOM STERILIZER DAN OZONE GENERATOR DALAM STERILISASI RUANGAN DI UPTD PUSKESMAS PANDANARAN

Alya Putri Rahmadania¹, Helviana Amelia Puteri²

Departmen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

ABSTRAK

Sterilisasi ruangan merupakan salah satu upaya penting dalam mencegah penyebaran mikroorganisme di fasilitas pelayanan kesehatan. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah UV Room Sterilizer yang memanfaatkan radiasi ultraviolet-C (UV-C) untuk menginaktivasi bakteri, virus, dan jamur melalui kerusakan materi genetik mikroorganisme. Artikel ini bertujuan memberikan edukasi mengenai pentingnya penerapan keselamatan kerja selama penggunaan UV Room Sterilizer agar petugas terhindar dari risiko paparan radiasi UV-C. Penulisan artikel dilakukan menggunakan metode studi literatur dengan mengkaji berbagai jurnal ilmiah dan pedoman keselamatan kerja, kemudian dilengkapi melalui wawancara dengan petugas yang bertanggung jawab mengoperasikan UV Room Sterilizer di puskesmas. Hasil kajian menunjukkan bahwa UV-C efektif digunakan sebagai media sterilisasi ruangan, namun paparan langsung terhadap manusia berpotensi menyebabkan iritasi mata, photokeratitis, serta gangguan pada kulit. Selain itu, hasil wawancara menunjukkan bahwa masih diperlukan peningkatan edukasi mengenai bahaya paparan UV-C, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta penerapan standar operasional prosedur (SOP) yang lebih jelas. Oleh karena itu, penerapan prosedur keselamatan kerja yang tepat menjadi faktor penting agar proses sterilisasi berjalan efektif tanpa menimbulkan risiko kesehatan bagi petugas.

Kata kunci: *UV Room Sterilizer, UV-C, keselamatan kerja, sterilisasi ruangan, fasilitas Kesehatan.*

Analysis of the Use of UV Room Sterilizers and Ozone Generators for Room Sterilization at UPTD Puskesmas Pandanaran

ABSTRACT

Room sterilization is an essential effort to prevent the spread of microorganisms in healthcare facilities. One of the most widely used methods is the UV Room Sterilizer, which utilizes ultraviolet-C (UV-C) radiation to inactivate bacteria, viruses, and fungi by damaging their genetic material. This article aims to provide educational information on the importance of implementing occupational safety measures during the operation of UV Room Sterilizers to minimize the risk of UV-C exposure among healthcare personnel. The article was

prepared using a literature review of scientific publications and occupational safety guidelines, complemented by interviews with personnel responsible for operating UV Room Sterilizers at a community health center. The findings indicate that UV-C is highly effective for room sterilization; however, direct exposure may cause eye irritation, photokeratitis, and skin damage. The interviews also revealed the need for greater awareness regarding UV-C hazards, appropriate use of personal protective equipment (PPE), and the implementation of clear standard operating procedures (SOPs). Therefore, strict adherence to occupational safety procedures is essential to ensure effective sterilization while protecting healthcare workers from potential health risks.

Keyword: *UV Room Sterilizer, UV-C, occupational safety, room sterilization, healthcare facilities.*

PENDAHULUAN

Dalam lanskap industri kesehatan yang semakin terotomatisasi, instrumen analisis telah berevolusi menjadi infrastruktur strategis yang mendasari pengambilan keputusan medis dan riset tingkat tinggi. Teknologi analitik modern bukan lagi sekadar alat ukur statis, melainkan sistem cerdas yang mengintegrasikan komputasi performa tinggi dan kecerdasan buatan (AI) untuk menyaring data kompleks secara otomatis serta meningkatkan akurasi diagnostik (Dash Technologies, 2025). Dari perspektif manajemen risiko, integrasi AI ini berfungsi sebagai alat augmentasi yang memperkuat kapabilitas personel laboratorium, alih-alih menggantikannya, guna menjaga moral dan keterlibatan staf di tengah transisi digital (Galusha, 2025).

Secara analitis, teknologi ini merekayasa ulang alur kerja penelitian dan pengembangan (*R&D pipeline*) melalui deteksi biomarker yang sangat presisi. Instrumen analitik modern memungkinkan diagnosis ultra-dini untuk penyakit degeneratif, seperti Alzheimer, melalui identifikasi dan pembersihan protein abnormal di otak bahkan sebelum gejala klinis muncul (Analytical Technologies, n.d.). Selain itu,

pengukuran biomarker yang akurat mempercepat pengembangan terapi kanker pada tahap awal (Analytical Technologies, n.d.). Dampak strategis dari inovasi ini adalah terciptanya ekosistem *closed-loop* yang otonom, di mana iterasi riset dapat dilakukan dengan kecepatan yang jauh melampaui metode tradisional (Galusha, 2025). Namun, efisiensi "laboratorium masa depan" ini sangat bergantung pada keandalan visualisasi data dan integritas lingkungan kerja.

Integritas data dalam kromatografi modern sangat bergantung pada sistem deteksi yang berfungsi sebagai "mata" laboratorium. Sementara visualisasi spektrum cahaya melalui detektor UV tetap menjadi standar fundamental untuk identifikasi molekul, evolusi teknologi kini mengarah pada sistem deteksi yang lebih cerdas. Penggunaan deteksi massa tingkat lanjut, seperti pada seri *InfinityLab Pro iQ*, telah menetapkan tolok ukur baru dalam sensitivitas dan kecerdasan operasional dengan memanfaatkan rasio massa terhadap muatan (*mass-to-charge ratio*) untuk mengidentifikasi komponen kimia secara definitif (SelectScience, 2025).

Dampak operasional dari teknologi deteksi massa dan UV yang terintegrasi ini sangat signifikan, terutama dalam menangani sampel kompleks atau kontaminan tingkat jejak di sektor farmasi dan keamanan pangan (SelectScience, 2025). Kemampuan untuk melakukan visualisasi dan kuantifikasi secara akurat memastikan bahwa profil kemurnian sampel tetap mematuhi ambang batas regulasi yang ketat. Dalam konteks strategis, visualisasi yang presisi memitigasi risiko kesalahan interpretasi data yang dapat menghambat peluncuran produk ke pasar. Kendati demikian, akurasi analitik ini akan menjadi sia-sia jika sampel terpapar pada lingkungan yang terkontaminasi oleh mikroorganisme.

Kontaminasi mikroba merupakan risiko operasional masif yang dapat merusak kepatuhan regulasi terhadap standar *Good Manufacturing Practice* (GMP) dan FDA. Kegagalan sistem sterilisasi bukan sekadar masalah teknis, melainkan ancaman finansial yang nyata. Berdasarkan data industri, insiden kontaminasi tunggal dapat menyebabkan penghentian fasilitas (*shutdown*) selama berbulan-bulan dengan kerugian mencapai US\$50 juta atau lebih bagi operasi skala besar (QUALIA, 2024). Selain itu, sekitar 23% dari surat peringatan (*warning letters*) yang dikeluarkan FDA terkait erat dengan praktik sterilisasi yang tidak memadai (QUALIA, 2024).

Ozon telah mengukuhkan posisinya sebagai agen sterilisasi oksidatif yang krusial dalam sistem dekontaminasi laboratorium. Mekanisme sterilisasi ozon melibatkan proses oksidasi radikal yang secara agresif mendestruksi integritas

struktural mikroorganisme, termasuk bakteri, virus, dan spora yang sangat resisten. Sebagai instrumen sterilisasi otomatis, ozon menawarkan keunggulan kompetitif karena tidak meninggalkan residu kimia berbahaya dan memiliki efektivitas tinggi dalam mendegradasi angka kuman udara secara signifikan.

Sintesis bukti empiris mendukung efektivitas ozon sebagai solusi valid dalam protokol keamanan hayati. Penelitian oleh Putri & Yustiantara (2023) menunjukkan bahwa sterilisasi ozon secara signifikan menurunkan angka kuman udara di ruang pelayanan kesehatan, yang memiliki beban patogen tinggi. Hal ini diperkuat oleh studi Sofiana & Wahyuni (2015) yang membuktikan kemanjuran ozon dalam menurunkan kontaminasi udara di ruang rawat inap. Keberhasilan ozon di lingkungan medis dengan mobilitas tinggi memberikan justifikasi kuat untuk penerapannya dalam otomatisasi *biosafety* di laboratorium farmasi yang menuntut standar sterilitas absolut.

Integrasi antara Kromatografi (UV/Massa) dan Sterilisasi Ozon mewakili sinergi antara Akurasi Analisis dan Integritas Lingkungan. Pemilihan kedua instrumen ini dalam laporan ini didasarkan pada kebutuhan mendasar laboratorium untuk menghasilkan data yang tidak hanya akurat secara teoretis, tetapi juga bersih dari gangguan artefak biologis. Kontaminasi mikroba dalam ruangan tidak hanya membahayakan sampel secara fisik, tetapi juga dapat menimbulkan "puncak hantu" (*ghost peaks*) atau kebisingan garis dasar (*baseline noise*) dalam hasil kromatografi, yang secara fatal merusak integritas data analitik.

Secara strategis, penggabungan teknologi analisis otomatis dengan sistem sterilisasi ozon yang tervalidasi mendukung visi "laboratorium masa depan" yang bersifat mandiri dan aman. Melalui implementasi teknologi yang memitigasi kontaminasi dan mengakselerasi penemuan (Galusha, 2025), organisasi dapat mencapai efisiensi operasional maksimal sambil tetap patuh pada regulasi GMP/FDA. Kesinergian ini menjamin bahwa setiap data analitik yang dihasilkan merupakan representasi murni dari sampel, terlindungi oleh lingkungan kerja yang memiliki jaminan sterilitas tingkat tinggi.

METODE PENELITIAN

Artikel ini disusun menggunakan pendekatan studi literatur dengan mengkaji berbagai jurnal ilmiah, buku, serta pedoman keselamatan kerja yang membahas penggunaan sinar ultraviolet-C (UV-C) sebagai metode sterilisasi ruangan di fasilitas pelayanan kesehatan. Studi literatur dilakukan untuk memahami mekanisme kerja UV-C dalam menonaktifkan mikroorganisme, efektivitas proses sterilisasi, serta potensi risiko kesehatan akibat paparan radiasi ultraviolet terhadap manusia. Selain itu, berbagai referensi tersebut digunakan sebagai dasar dalam menganalisis kesesuaian praktik penggunaan UV Room Sterilizer dengan prinsip keselamatan kerja.

Sebagai pelengkap hasil kajian literatur, penulis juga melakukan wawancara langsung dengan petugas yang bertanggung jawab mengoperasikan UV Room Sterilizer selama kegiatan magang di puskesmas. Wawancara dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai prosedur sterilisasi yang diterapkan di

lapangan, durasi penggunaan alat, serta pemahaman petugas terhadap aspek keselamatan kerja selama proses sterilisasi berlangsung. Informasi yang diperoleh dari wawancara kemudian dibandingkan dengan teori dan rekomendasi yang terdapat pada berbagai sumber ilmiah sehingga dapat memberikan gambaran mengenai praktik penggunaan UV Room Sterilizer serta aspek keselamatan yang masih perlu ditingkatkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. UV STERILIZER

a. Analisis Durasi 2 Jam

Secara teori, waktu sterilisasi ruangan dengan durasi 2 jam sangatlah cukup. Untuk membunuh bakteri yang ada pada ruangan dapat dilakukan dengan durasi sekitar 15 - 30 menit, tetapi dengan prosedur yang tepat. Sebaiknya alat sterilisasi diletakan pada bagian tengah ruangan, agar seluruh ruangan dapat terkena paparan sinar UV dengan rata. Jika terdapat banyak barang di dalam ruangan, dan terdapat *shadow effect* maka durasi perlu ditambah menjadi kurang lebih 1 jam agar bagian yang tertutupi oleh barang atau bagian yang tidak terkena paparan cahaya dapat tersterilisasi.

b. Analisis Risiko Keselamatan Kerja

Pada saat dilakukan UV sterilizer terdapat efek samping

- Iritasi Mata
- Radanng kornea
- Penuaan dini

Secara teori, penggunaan UV room sterilizer harus memperhatikan pengendalian paparan radiasi. Selama alat

beroperasi, ruangan wajib dalam kondisi kosong dan tidak boleh terdapat aktivitas manusia di dalamnya. Operator juga tidak diperbolehkan berada dalam area paparan langsung radiasi UV.

c. Permasalahan Utama:
Kurangnya Edukasi Bahaya

Terdapat terjadi kesalahan yang dilakukan saat sterilisasi ruangan menggunakan UV Sterilizer, yaitu :

- Kurangnya pemahaman terkait bahaya efek samping dari terpaparnya UV Sterilizer.
- Tidak menggunakan pakaian APD dengan tepat.
- Tidak adanya prosedur tertulis (SOP) yang jelas.

Apabila terdapat kondisi tertentu yang mengharuskan akses ke dalam ruangan sebelum proses selesai, maka diperlukan penggunaan alat pelindung diri (APD) yang sesuai, seperti pelindung wajah (face shield) dengan filter UV, kacamata pelindung khusus UV, serta pakaian pelindung yang menutupi seluruh permukaan kulit.

Dengan demikian, apabila terdapat petugas yang berada di dalam ruangan saat UV room sterilizer beroperasi tanpa menggunakan APD yang sesuai, maka praktik tersebut tidak memenuhi prinsip keselamatan kerja dan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan akibat paparan radiasi ultraviolet.

2. Ozone Generator

Berdasarkan observasi selama kegiatan magang, penggunaan generator ozon di puskesmas dilakukan selama ± 2 jam dalam satu siklus sterilisasi. Selain

itu, proses pengoperasian alat dilakukan oleh petugas kebersihan (OB) dengan penggunaan alat pelindung diri yang terbatas, yaitu hanya menggunakan masker tipis (masker bedah biasa).

a. Analisis Durasi 2 Jam

Secara teori, efektivitas ozon dipengaruhi oleh konsentrasi dan waktu paparan (contact time) (Putri & Yustiantara, 2023). Durasi 2 jam dapat dikategorikan sebagai pendekatan preventif untuk memastikan waktu kontak yang cukup antara ozon dan mikroorganisme.

Namun, literatur juga menyebutkan bahwa efektivitas sterilisasi tidak hanya bergantung pada lamanya waktu, tetapi juga pada distribusi gas, ventilasi, dan kondisi lingkungan (Sofiana & Wahyuni, 2015). Artinya, memperpanjang durasi tanpa pengukuran konsentrasi ozon atau evaluasi mikrobiologis belum tentu menjamin efektivitas optimal.

Dengan demikian, durasi 2 jam bukanlah kesalahan secara teori, tetapi perlu didukung oleh evaluasi teknis agar efisien dan berbasis evidence, bukan sekadar kebiasaan operasional.

b. Analisis Risiko Keselamatan Kerja

Aspek yang lebih krusial adalah penggunaan APD oleh petugas. Ozon merupakan gas oksidator kuat yang bersifat iritatif terhadap sistem pernapasan (Galante et al., 2016 dalam Putri & Yustiantara, 2023). Paparan ozon dapat menyebabkan:

- a. Iritasi saluran napas
- b. Batuk dan sesak
- c. Nyeri dada
- d. Penurunan fungsi paru jika terpapar berulang

Masker bedah tipis tidak dirancang untuk filtrasi gas, melainkan untuk droplet. Artinya, masker tersebut tidak memberikan perlindungan efektif terhadap paparan ozon.

Secara teori keselamatan kerja, selama generator beroperasi:

- Ruang harus kosong
- Operator tidak boleh berada di dalam ruangan
- Jika harus memasuki ruangan sebelum aerasi selesai, minimal menggunakan respirator (misalnya N95 atau respirator dengan filter gas)

Jika petugas hanya menggunakan masker tipis dan tetap berada di area dengan kemungkinan paparan ozon, maka praktik tersebut tidak sesuai dengan prinsip keselamatan kerja berbasis teori.

c. Permasalahan Utama: Kurangnya Edukasi Bahaya

Dari analisis ini, permasalahan utama bukan pada durasi 2 jam, tetapi pada:

- Kurangnya pemahaman tentang bahaya inhalasi ozon
- Tidak adanya standar APD khusus
- Tidak adanya prosedur tertulis (SOP) yang jelas

Kemungkinan besar petugas tidak menyadari bahwa ozon bekerja melalui mekanisme oksidasi yang juga dapat berdampak pada jaringan paru manusia

KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur dan analisis praktik di lapangan, penggunaan UV room sterilizer dan generator ozon dengan durasi ± 2 jam dalam satu siklus sterilisasi dapat dikategorikan efektif dalam menurunkan jumlah mikroorganisme di dalam ruangan. Pada teknologi UV-C, efektivitas disinfeksi

secara teoritis telah dapat dicapai dalam waktu relatif singkat, yaitu sekitar 15–20 menit untuk mencapai tingkat reduksi mikroorganisme hingga $\geq 99,99\%$. Sementara itu, pada penggunaan generator ozon, durasi 2 jam dapat memberikan waktu kontak yang cukup antara ozon dan mikroorganisme, sehingga meningkatkan efektivitas proses oksidasi dalam merusak struktur sel mikroba. Namun, efektivitas tersebut tidak hanya bergantung pada lamanya waktu, melainkan juga dipengaruhi oleh konsentrasi ozon, distribusi gas, serta kondisi ventilasi ruangan.

Di sisi lain, penggunaan kedua metode sterilisasi ini memiliki potensi efek samping terhadap kesehatan. Paparan radiasi UV dapat menyebabkan fotokeratitis (radang kornea), penuaan dini pada kulit, serta meningkatkan risiko karsinoma kulit akibat kerusakan sel secara kumulatif. Sementara itu, paparan ozon secara langsung dapat menimbulkan gangguan pernapasan seperti batuk, sesak napas, nyeri dada, serta penurunan fungsi paru apabila terjadi paparan berulang.

Oleh karena itu, meskipun durasi sterilisasi 2 jam dapat dianggap efektif dalam menurunkan kontaminasi mikroorganisme, penerapannya harus disertai dengan pengendalian aspek keselamatan kerja yang ketat, seperti memastikan ruangan dalam keadaan kosong selama proses berlangsung, penggunaan alat pelindung diri yang sesuai, serta pelaksanaan aerasi setelah sterilisasi. Dengan demikian, efektivitas sterilisasi dapat dicapai secara optimal tanpa meningkatkan risiko kesehatan bagi tenaga kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, I. (2022). Kromatografi lapis tipis: Prinsip dan cara kerja. ResearchGate/Farmasiindustri.com.
- Analytical Technologies. (n.d.). Analytical technologies contribute to development of medicines.
- ANSI. (2022). IEC 62471-6: Photobiological safety of lamps and lamp systems – Part 6: Ultraviolet lamp products.
- Ashenhurst, J. (2025). Introduction to UV-Vis spectroscopy. Master Organic Chemistry.
- Dash Technologies. (2025). How lab data integration and AI are transforming clinical lab efficiency.
- Edutek Instrumentation. (2026). Ultraviolet viewing cabinet specification and FAQs.
- FDA. (2020). Ultraviolet (UV) radiation: Types, risks, and health effects.
- Fulcrum. (2025). Manual vs. digital field inspections: What you need to know.
- Galusha, H. (2025). AI and automation: Preparing your lab for the next stage. Lab Manager.
- GIA. (2026). User guide: GIA UV lamp and viewing cabinet.
- Harrison, L., et al. (2011). Comparing electronic and manual tracking systems for monitoring resident duty hours. Journal of Graduate Medical Education.
- Kinhal, V. (2023). Chlorophyll fluorescence: Importance and applications. CID Bio-Science.
- Legacy Crystals and Minerals. (2025). Fluorescent & UV reactive minerals: A visual guide.
- Liputan6. (2024). Tujuan sterilisasi: Manfaat dan prosedur yang perlu diketahui.
- Louzon, M., et al. (2025). Laser-induced solid-phase UV fluorescence spectroscopy for rapid detection of polycyclic aromatic hydrocarbons. Biosensors (Basel).
- MD Anderson Cancer Center. (2025). The difference between UVA and UVB rays.
- MR Chemie. (2026). The importance of UV technology in non-destructive testing.
- Muñiz-Márquez, D. B., et al. (2022). A simple quantitative method using TLC-image analysis to determine fructooligosaccharides (FOS) in food samples. Turkish Journal of Chemistry.
- Pratiwi, S. A., Februyani, N., & Basith, A. (2023). Skrining dan uji penggolongan fitokimia dengan metode KLT. Pharmacy Medical Journal.
- Putri, A., & Yustiantara, P. (2023). Pengaruh sterilisasi ozon terhadap penurunan angka kuman udara di ruang pelayanan kesehatan. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, 22(2), 123–130.
- Putri, E. A. (2023). Laporan praktikum UV meter. Universitas Sriwijaya.
- QUALIA. (2024). GMP compliant VHP robots: FDA validation requirements.
- Qualia. (2024). Sinar UV dalam lemari keamanan hayati: Pro dan kontra. BioSafe Tech.
- Saputri. (2017). Radiasi sinar ultraviolet dan dampaknya terhadap kesehatan kulit.
- SelectScience. (2025). Top mass spectrometry launches of 2025.
- Sofiana, L., & Wahyuni, S. (2015). Efektivitas sterilisasi ozon terhadap angka kuman udara ruang rawat

- inap. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 10(1), 45–52.
- Spectro-UV. (2024). The importance of UV lamps in nondestructive testing (NDT).
- Spectrum Chemical. (2026). EMD silica gel 60 with F254 fluorescent indicator glass TLC plates.
- Virtual Labs. (2026). Solvent effects on the UV-visible absorption spectra.
- UV Systems Inc. (2019). Long wave filters are now more expensive (#400 LW filter glass).
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 16-7060-2004: Pengukuran radiasi sinar ultraviolet di tempat kerja..

LAMPIRAN