

Waktu Dan Jarak Efektif Penyinaran Sinar Ultraviolet Pada Mikroba Udara Laboratorium

Elisa Rinihapsari

Prodi D3 Analisis Kesehatan Politeknik Katolik Mangunwijaya

Arneta Syafrinelly Fita Putri

Prodi D3 Analisis Kesehatan Politeknik Katolik Mangunwijaya

Bernadeta Hesti Widyaningrati

Prodi D3 Analisis Kesehatan Politeknik Katolik Mangunwijaya

Jl. Mayjen Sutoyo no. 69 Semarang

Korespondensi penulis: elisarinihapsari@gmail.com

Abstract. *Ultraviolet light is commonly used as a laboratory sterilization method to complement chemical sterilization. Until now, there has been no standard reference for the use of exposure time and exposure distance that can be effectively used for sterilizing laboratory rooms. Based on this, it is necessary to conduct this research to test the effectiveness of ultraviolet irradiation in the laboratory with varying exposure times, including 0.5, 1, 1.5, and 2 hours with an irradiation distance of 1, 1.5, and 2 meters. This experimental research was conducted at the Medical Laboratory of the Mangunwijaya Catholic Polytechnic of Medical Laboratory Technology Program. Capture of airborne microbes using the settle plate method. The results showed that the percentage reduction in the number of microbes before and after irradiation was 96.30, 62.97, 85.18, and 59.26 CFU/m³, respectively, for exposure time 0.5, 1, 1.5, and 2 hours, while the percentage decrease in the number of microbes for distance 1; 1.5; and 2m is 66.67; 67.74; 64.71 CFU/m³. The conclusion was that the adequate time to reduce the number of air microbes was 0.5 hours, while the effective distance was 1.5m.*

Keywords: *Distance, Settle Plate, UV Light, Exposure Time*

Abstrak. Sinar ultraviolet sudah umum digunakan sebagai metode sterilisasi laboratorium sebagai pelengkap sterilisasi secara kimia. Hingga saat ini, belum ditemukan standar acuan baku untuk penggunaan waktu penyinaran dan jarak penyinaran yang efektif digunakan untuk sterilisasi ruangan laboratorium. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian ini untuk menguji efektivitas penyinaran ultraviolet di laboratorium dengan waktu penyinaran yang bervariasi, di antaranya 0,5; 1; 1,5 dan 2 jam dengan jarak penyinaran 1;1,5; dan 2 meter. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental dilakukan di Laboratorium Medis Prodi Diploma Tiga Analisis Kesehatan Politeknik Katolik Mangunwijaya. Penangkapan mikroba udara menggunakan metode settle plate. Hasil penelitian menunjukkan persentase penurunan jumlah mikroba sebelum dan setelah penyinaran adalah 96,30; 62,97; 85,18 dan 59,26 CFU/m³ berturut-turut untuk waktu penyinaran 0,5; 1; 1,5; dan 2 jam, sedangkan persentase penurunan jumlah mikroba untuk jarak 1; 1,5; dan 2m adalah 66,67; 67,74; 64,71 CFU/m³. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa waktu yang efektif untuk mengurangi jumlah mikroba udara adalah 0,5 jam; sedangkan jarak yang efektif adalah 1,5m.

Kata kunci: Jarak, Settle Plate, Sinar UV, Waktu Penyinaran

LATAR BELAKANG

Pembersihan dan desinfeksi lingkungan laboratorium dan rumah sakit merupakan komponen penting dari strategi komprehensif untuk mengendalikan infeksi terkait perawatan kesehatan. Namun, penelitian yang mengevaluasi keefektifan proses pembersihan dan desinfeksi telah melaporkan bahwa sekitar 5–30% permukaan tetap berpotensi terkontaminasi, karena ketidakmampuan formulasi deterjen dan desinfektan yang ada untuk mengganggu biofilm mikroba. Biofilm mikroba pada permukaan kering memungkinkan kelangsungan hidup bakteri vegetatif dalam waktu yang lama. Untuk itulah perlu dikembangkan strategi disinfeksi lingkungan yang efektif dan lebih komprehensif, dengan perhatian difokuskan pada peningkatan teknologi "tanpa sentuhan", termasuk penggunaan sistem disinfeksi sinar ultraviolet.

Penggunaan sinar ultraviolet untuk disinfeksi memiliki keuntungan, yaitu: tidak memerlukan perubahan ventilasi ruangan, tidak meninggalkan residu setelah perawatan, dan memiliki spektrum aksi yang luas dan waktu paparan yang cepat. Efek germisidal dari iradiasi sinar ultraviolet menyebabkan kerusakan sel oleh fotohidrasi, photosplitting, fotodimerisasi, dan photocrosslinking, sehingga menghambat replikasi seluler mikroba (Casini et al., 2019). Penggunaan lampu ultraviolet untuk sterilisasi ruangan laboratorium sudah jamak dilakukan, baik di rumah sakit, laboratorium klinik, maupun di laboratorium pendidikan. Penelitian oleh Andersen et al. (2006) menunjukkan bahwa disinfeksi sinar ultraviolet secara signifikan mengurangi jumlah bakteri pada permukaan, seperti halnya disinfeksi kloramin 5%. Disinfeksi dengan sinar ultraviolet dapat secara signifikan mengurangi kontaminasi bakteri lingkungan. Disinfeksi sinar ultraviolet tidak boleh digunakan sendiri tetapi merupakan tambahan yang baik untuk desinfeksi kimiawi. Penelitian Havill et al. (2012) yang membandingkan efek antimikrobiologis antara uap hidrogen peroksida dengan sinar ultraviolet untuk dekontaminasi ruangan, menunjukkan bahwa kedua agen tersebut dapat mengurangi jumlah bakteri kontaminan, termasuk spora. Namun demikian, penggunaan uap hidrogen peroksida lebih efektif karena sinar ultraviolet tidak efektif pada area yang tidak terpapar sinar secara langsung.

Radiasi sinar UV dapat membunuh mikroorganisme dengan panjang gelombang yang paling efektif adalah 253,7 nm. Faktor penghambat dari sinar UV adalah daya penetrasinya yang lemah. Untuk memperoleh hasil yang baik, bahan-bahan yang akan disterilkan harus dilewatkan atau ditempatkan di bawah sinar UV. Lamanya penyinaran tergantung dari luas, jarak, intensitas dan jenis bakteri (Ariyadi dan Dewi, 2009).

Hingga saat ini, belum ditemukan standar acuan baku untuk penggunaan waktu penyinaran dan jarak penyinaran yang efektif digunakan untuk sterilisasi ruangan laboratorium. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian ini untuk menguji efektivitas penyinaran ultraviolet di laboratorium dengan waktu penyinaran yang bervariasi, di antaranya 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam dengan jarak penyinaran 1;1,5; dan 2 meter.

KAJIAN TEORITIS

Jumlah bakteri udara dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kadar debu, suhu dan kelembaban. Suhu yang tinggi dalam ruangan akan diikuti dengan tingkat kelembaban yang tinggi sehingga menyebabkan perkembangan mikroba di udara semakin meningkat. Oleh karena itu sebagai pengendalian suhu dan kelembaban agar mikroba udara tidak dapat berkembang dapat dilakukan pemasangan AC (*air conditioner*) di sebuah ruangan (Waluyo & Cahyono, 2016). Menurut Permenkes No.1204/Menkes/SK/X/2004 disyaratkan bahwa jumlah mikroorganisme untuk kepentingan sterilisasi maksimal kurang dari 200/m² udara (CFU/m³) sedangkan standar baku mutu udara untuk angka kuman dalam ruang menurut KEPMENKES.RI.No 261/MENKES/II/ 1998 adalah kurang dari 350 koloni/m³.

Sinar UV merupakan suatu bagian dari spektrum elektromagnetik yang tidak membutuhkan medium untuk merambat. Sinar UV memiliki rentang panjang gelombang antara 100 - 400 nm yang berada di antara spektrum sinar X dan cahaya tampak (Cahyonugroho, 2010). Sistem desinfeksi Sinar UV merupakan teknologi baru untuk membunuh mikroorganisme patogen secara konvensional. Sinar UV mampu menghancurkan molekul DNA (Yang et al, 2019). Sinar UV digolongkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan panjang gelombangnya yaitu UV-A dengan panjang gelombang antara 315 - 400 nm mengakibatkan perubahan warna pada kulit menjadi hitam (*tanning*), UV-B dengan panjang gelombang antara 280 - 315 nm menyebabkan kulit terbakar dan sering digunakan untuk penyinaran penyakit kanker, UV-C dengan panjang gelombang antara 200 - 280 nm adalah wilayah *germicidal* yang efektif untuk membunuh bakteri dan virus, dan UV vakum dengan panjang gelombang antara 100 - 200 nm dapat diserap oleh semua bahan dan dapat diteruskan hanya pada kondisi vakum (Sarinaningsih, 2018; Yang, et al., 2019).

Sinar UV diketahui merupakan salah satu sinar dengan daya radiasi yang dapat bersifat letal bagi mikroorganisme. Radiasi dapat menghambat pertumbuhan bakteri, kapang, dan khamir (Suharyono dkk, 2009). Efisiensi tertinggi sinar UV untuk pengendalian mikroorganisme adalah 365 nm. Karena mempunyai efek letal terhadap sel-sel mikroorganisme, maka radiasi UV sering digunakan di tempat-tempat yang menuntut kondisi

aseptik seperti laboratorium, ruang operasi, rumah sakit, ruang produksi industri makanan dan minuman serta farmasi. Salah satu sifat sinar UV adalah daya penetrasi yang sangat rendah, selapis kaca tipis pun sudah mampu menahan sebagian besar sinar UV. Oleh karena itu, sinar UV hanya dapat efektif untuk mengendalikan mikroorganisme pada permukaan yang terpapar langsung oleh sinar UV, atau mikroba berada di dekat permukaan medium yang transparan. Absorpsi maksimal sinar UV di dalam sel terjadi pada asam nukleat, maka diperkirakan mekanisme utama perusakan sel oleh sinar UV pada ribosom, sehingga mengakibatkan terjadinya mutasi atau kematian sel (Katara, et al., 2008; Cahyonugroho, 2010;).

Absorpsi radiasi UV menyebabkan modifikasi-modifikasi kimiawi dari nukleoprotein serta menimbulkan hubungan silang antara pasangan-pasangan molekul timin. Hubungan ini dapat menyebabkan salah baca dari kode genetik yang akan menghasilkan mutasi sehingga akan merusak atau memperlemah fungsi-fungsi vital organisme dan kemudian akan membunuhnya. Orang-orang yang bekerja dengan atau dekat sumber sinar UV harus memakai peralatan guna melindungi kornea terhadap iritasi atau kerusakan yang mungkin bersifat permanen, misalnya kerusakan pada ketunanan (mutasi gen). Yang perlu diperhatikan adalah bagaimana memilih lampu UV (*germicidal*) yang menjamin para pekerja dari efek sinar UV yang merugikan dengan tidak menambah intensitas cahaya tapi efektif dapat membunuh bakteri. Efektifitas sinar UV terhadap daya bunuh bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: luas ruangan, intensitas cahaya yang digunakan, jarak sumber cahaya terhadap bakteri, lama waktu penyinaran dan jenis bakteri itu sendiri (Ariyadi dan Dewi, 2009).

Radiasi UV merupakan suatu sumber energi yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganisme dan mengubah komposisi asam nukleatnya. Absorpsi UV oleh DNA (atau RNA pada beberapa bakteri) dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin (Sarinaningsih, 2018).

Radiasi ultraviolet telah digunakan selama beberapa tahun di laboratorium untuk mengurangi kontaminasi bakteri. Menurut Wedum (1956) pemasangan lampu ultraviolet di laboratorium berada di pintu, dan di langit-langit ruang laboratorium. Radiasi ultraviolet juga dapat digunakan untuk memisahkan area risiko infeksi dan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme menular dan kontaminan umum di laboratorium.

Menghitung mikroba di udara tidaklah mudah, banyak metode yang digunakan untuk menghitung mikroba di udara salah satunya dengan metode settle plate. Pengambilan sampel udara menggunakan metode *settle plate* dilakukan dengan cara cawan petri yang mengandung media dibiarkan terbuka ke udara beberapa saat. Mikroba yang dibawa oleh partikel akan jatuh

ke permukaan media dengan tingkat pengendapan rata-rata 0,46 cm/dt. Setelah diinkubasi 36 ± 1 °C, mikroba akan tumbuh membentuk koloni dalam jumlah yang sebanding dengan tingkat kontaminasi mikroba di udara. Meskipun banyak keterbatasannya, metode *settle plate* masih banyak digunakan karena sederhana dan murah untuk menilai kualitas udara secara kualitatif (Prathab & Lalitha, 2012; Sabharwal dan Sharma, 2015).

Metode lain yang digunakan untuk menghitung mikroba udara adalah *Microbiological Air Sampler (MAS)*. *Microbiological Air Sampler (MAS)* Adalah suatu analisis yang dilakukan dengan metode sedimentasi dan metode impaksi secara bersamaan. Metode ini menggunakan sistem penyedotan udara melalui tutup berlubang yang mampu menyedot udara 100 liter per menit. Udara yang terambil akan tertanam pada media agar. Media diinkubasi untuk kultur (Konieczny et al, 2016).

Menurut Napoli et al (2012) prosedur pengambilan sampel udara ada dua, yaitu secara aktif dan pasif. Pengambilan sampel secara pasif dilakukan untuk menentukan Indeks Kontaminan Mikroba Udara (IMA). Sedangkan pengambilan sampel secara aktif menggunakan *Surface Air System Sampler (SAS)* dengan laju aliran 180 L/menit.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan ini adalah penelitian eksperimental dengan rancangan *pre and posttest*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Medis Program Studi D3 Analisis Kesehatan Politeknik Katolik Mangunwijaya. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu dan jarak penyinaran ultraviolet, sedangkan variabel terikatnya berupa jumlah mikroba udara yang tertangkap pada cawan petri yang berisi media padat.

Alat yang digunakan yaitu: lampu ultraviolet 40 watt merk Sivitech, cawan petri merk *pyrex*, erlenmeyer merk *pyrex*, *hotplate* merk *Thermo*, inkubator merk *Memmert INB 400*, *beacker glass* merk *pyrex*, batang pengaduk merk *pyrex*, neraca analitik merk Pioneer, autoklaf merk Hirayama. Bahan yang digunakan yaitu: media *Nutrient Agar* merk EMERCK, akuades.

Prosedur penelitian diawali dengan pembuatan media *Nutrient Agar* sesuai kebutuhan, lalu dilakukan sterilisasi bersama dengan alat yang akan digunakan. Sebelum dilakukan penyinaran sinar ultraviolet, ruang laboratorium dibiarkan kosong atau tidak ada aktivitas selama ± 1 hari. Tahap *pretest* dilakukan dengan cara mikroba udara yang terdapat di laboratorium ditangkap menggunakan cawan petri berisi media *Nutrient Agar* yang ditempatkan pada jarak yang sudah ditentukan yaitu 1 meter, 1,5 meter dan 2 meter dan ditunggu 15 menit. Jumlah koloni mikroba yang diperoleh setelah inkubasi pada suhu 37°C selama 18-24 jam menjadi data sebelum perlakuan penyinaran ultraviolet.

Tahap posttest dilakukan untuk mengetahui waktu dan jarak penyinaran terhadap jumlah mikroba. Untuk melihat pengaruh waktu penyinaran, dinyalakan lampu ultraviolet selama 0,5; 1; 1,5 dan 2 jam kemudian ditangkap mikroba udara menggunakan media *Nutrient Agar* yang ditempatkan pada jarak 1 meter dari pusat lampu ultraviolet, ditunggu selama 15 menit.

Untuk melihat pengaruh jarak penyinaran, dinyalakan lampu ultraviolet selama 1 jam kemudian ditangkap mikroba udara menggunakan media *Nutrient Agar* yang ditempatkan pada jarak 1; 1,5 dan 2 meter dari pusat lampu ultraviolet, ditunggu 15 menit. Jumlah koloni mikroba yang diperoleh setelah inkubasi pada suhu 37°C selama 18-24 jam menjadi data setelah perlakuan penyinaran ultraviolet.

Data yang diperoleh berupa jumlah koloni, dikonversikan untuk mendapatkan satuan ke CFU/m³ dengan rumus :

$$a \times 1000 / p \times t \times 0,2$$

a : jumlah koloni

p : luas permukaan cawan petri

t : waktu peletakan cawan petri.

Selanjutnya data yang diperoleh dilakukan analisis data menggunakan uji statistik *One Way ANOVA* untuk melihat ada tidaknya perbedaan jumlah bakteri antar kelompok perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Efektif Penyinaran Ultraviolet

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu penyinaran dan jarak penyinaran ultraviolet yang paling banyak mengurangi jumlah bakteri udara di laboratorium. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Jumlah mikroba udara berdasarkan variasi waktu penyinaran (CFU/m³)

Waktu penyinaran (jam)	Jumlah bakteri sebelum penyinaran	Jumlah bakteri setelah penyinaran	Selisih jumlah	% penurunan
0,5	120	4,44	115,56	96,30
1		44,44	75,56	62,97
1,5		17,78	102,22	85,18
2		48,89	71,11	59,26

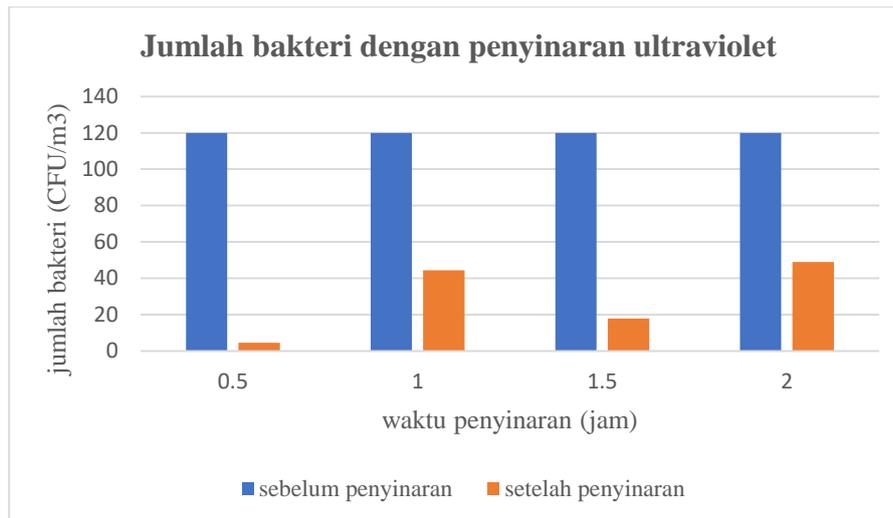
Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah mikroba setelah dilakukan penyinaran pada semua waktu penyinaran, seperti dapat digambarkan dalam gambar 1. Jika dilihat dari % penurunannya, maka yang menunjukkan penurunan paling besar adalah penyinaran selama 0,5 jam (sebesar 96,30%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa lama

penyinaran selama 0,5 jam ternyata telah mampu menurunkan jumlah mikroba sebanyak 96,30% dari jumlah mikroba udara di laboratorium sebelum dilakukan penyinaran. Penurunan jumlah mikroba ini dikarenakan saat penyinaran, sinar UV yang dipancarkan mengenai bakteri sehingga mikroba tersebut mengalami absorpsi radiasi UV yang menyebabkan modifikasi-modifikasi kimiawi dari nukleoprotein serta menimbulkan hubungan silang antara pasangan-pasangan molekul timin. Hubungan ini dapat menyebabkan salah baca dari kode genetik yang akan menghasilkan mutasi sehingga akan merusak atau memperlemah fungsi-fungsi vital organisme sehingga bakteri mati (Ariyadi dan Dewi, 2009).

Hal penelitian ini tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ariyadi dan Dewi (2009) yang menyebutkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak mikroba yang tereduksi. Hasil ini juga tidak sesuai dengan penelitian Febriyanti & Sutomo (2013), yang menyatakan bahwa waktu dan daya penyinaran lampu UV yang efektif dalam penurunan angka kuman adalah selama 2 jam, dengan jumlah lampu UV sebanyak 4 buah yang masing-masing memiliki daya sebesar 30 watt. Namun demikian, belum terdapat standar baku mengenai lama/durasi penyinaran untuk pemakaian lampu UV.

Sinar UV digolongkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan panjang gelombangnya yaitu UV-A dengan panjang gelombang antara 315 - 400 nm mengakibatkan perubahan warna pada kulit menjadi hitam (*tanning*), UV-B dengan panjang gelombang antara 280 - 315 nm menyebabkan kulit terbakar dan sering digunakan untuk penyinaran penyakit kanker, UV-C dengan panjang gelombang antara 200 - 280 nm adalah wilayah germisidal yang efektif untuk membunuh bakteri dan virus, dan UV vakum dengan panjang gelombang antara 100 - 200 nm dapat diserap oleh semua bahan dan dapat diteruskan hanya pada kondisi vakum (Sarinaningsih, 2018).

Kelemahan dari penelitian ini adalah tidak diketahuinya panjang gelombang dari lampu ultraviolet yang digunakan, sehingga hasilnya tidak bisa dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Perbedaan hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian Ariyadi & Dewi (2009), Febriyanti & Sutomo (2013), terjadi karena panjang gelombang lampu yang digunakan tidak diketahui secara pasti, sehingga duplikasi dari penelitian sebelumnya tidak dapat dilakukan. Demikian juga, daya lampu ultraviolet yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dari yang dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya menggunakan daya 30 watt, sedangkan penelitian ini menggunakan lampu berdaya 40 watt sebanyak 3 buah.



Gambar 1. Jumlah bakteri berdasar waktu penyinaran

Berdasarkan hasil dari uji *one way anova* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah mikroba udara dengan nilai signifikansi 0,006 pada variasi waktu 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam. Hal ini dikarenakan berubah-ubahnya waktu penyinaran juga menyebabkan berubahnya intensitas sinar yang berpengaruh terhadap reduksi mikroorganisme (Sarinaningsih, 2018).

Hasil uji *post hoc* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antara waktu 0,5 jam dengan waktu 1 jam, hal ini dikarenakan metode yang digunakan tidak mampu menangkap volume udara dalam jumlah yang sama pada setiap petri, melainkan mengharapkan mikroorganisme jatuh ke dalam media. Metode penangkapan mikroba udara yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan cara pasif, yang memungkinkan mikroba jatuh ke permukaan media akibat gravitasi. Metode ini kurang akurat untuk digunakan karena jatuhnya mikroba dapat dipengaruhi oleh kecepatan gerak udara, arah gerak udara maupun kelembapan di laboratorium.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu penyinaran yang paling efektif untuk mengurangi jumlah mikroba di udara adalah 0,5 jam. Hal ini didasarkan pada persentase penurunan jumlah mikroba yang paling besar antara sebelum dan setelah penyinaran. Waktu 0,5 jam adalah waktu tersingkat yang menjadi variabel dalam penelitian ini, dapat dikatakan bahwa waktu tersebut juga memberikan keuntungan dan efisiensi secara ekonomi. Semakin singkat waktu yang diperlukan untuk melakukan penyinaran ultraviolet di laboratorium, maka semakin kecil kebutuhan energi listrik yang digunakan, dan semakin singkat pula waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan laboratorium sebelum kembali dipakai untuk bekerja.

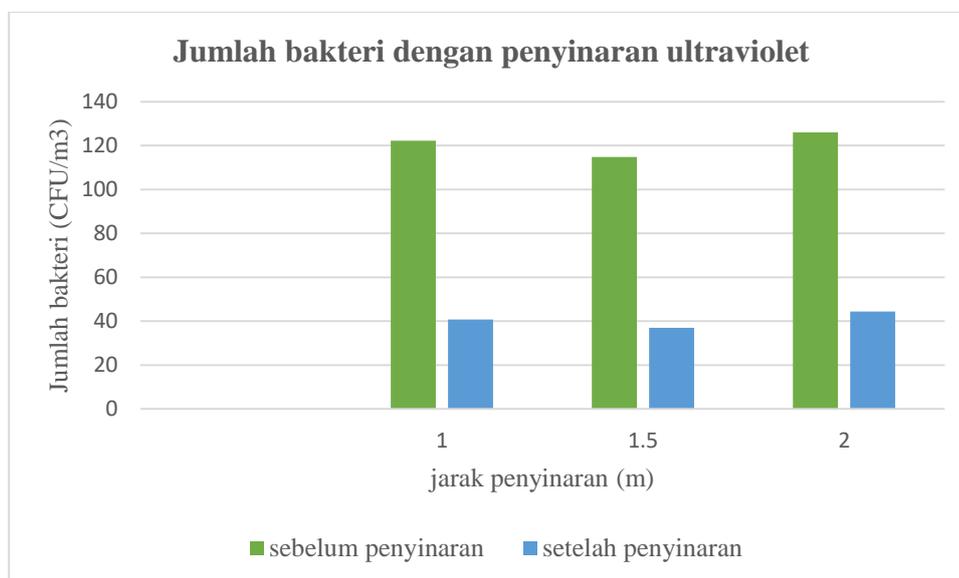
Jarak Efektif Penyinaran Ultraviolet

Hasil penelitian untuk melihat pengaruh jarak penyinaran terhadap jumlah bakteri udara di laboratorium ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 2. Jumlah Mikroba Udara Berdasarkan Variasi Jarak Penyinaran (CFU/m³)

Jarak penyinaran (m)	Jumlah bakteri sebelum penyinaran	Jumlah bakteri setelah penyinaran	Selisih jumlah	% penurunan
1	122,22	40,74	81,48	66,67
1,5	114,81	37,04	77,78	67,74
2	125,93	44,44	81,48	64,71

Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah bakteri setelah dilakukan penyinaran pada semua jarak penyinaran, seperti dapat digambarkan dalam grafik berikut ini:



Gambar 2, Jumlah bakteri berdasar jarak penyinaran

Jika dilihat dari % penurunannya, maka yang menunjukkan penurunan paling besar adalah penyinaran pada jarak 1,5 m (sebesar 67,74%). Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wedum, et al, (1956) yang menyatakan bahwa terdapat penurunan jumlah kuman ketika pemaparan dengan sinar ultraviolet semakin dekat jaraknya. Jika mengacu dari hasil penelitian tersebut, maka jarak yang paling efektif untuk mereduksi jumlah bakteri adalah pada 1m; namun hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa yang memiliki persen penurunan jumlah kuman terbesar adalah pada jarak 1,5m.

Perbedaan hasil antara penelitian ini dengan penelitian Wedum, et al. (1956) kemungkinan terletak pada penggunaan lampu ultraviolet dengan daya yang berbeda.

Penelitian Wedum, et al. (1956) menggunakan lampu ultraviolet berdaya 30 watt sebanyak 3 buah, sedangkan pada penelitian kali ini menggunakan 3 buah sebuah lampu ultraviolet dengan daya masing-masing 40 watt.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jarak yang paling efektif untuk mengurangi jumlah bakteri di udara adalah 1,5m. Kesimpulan ini didasarkan pada persen penurunan jumlah bakteri yang tertinggi pada jarak 1,5m dibandingkan dengan jarak 1 maupun 2m. Pada prinsipnya, semakin jauh jarak efektif untuk penyinaran ultraviolet, semakin efisien penggunaannya di laboratorium secara ekonomi. Semakin sedikit jumlah lampu ultraviolet yang perlu dipasang pada lokasi-lokasi tertentu di laboratorium, apabila terbukti bahwa jarak efektif penyinarannya lebih jauh, dibandingkan dengan jarak efektif penyinaran yang lebih dekat.

Untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah bakteri pada variasi waktu penyinaran, maka dilakukan uji statistik dengan uji Kruskal Wallis. Uji statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan jumlah bakteri antar jarak penyinaran dengan nilai signifikansi 0,864.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu penyinaran yang paling efektif untuk mengurangi jumlah bakteri di udara laboratorium adalah 0,5 jam, sedangkan jarak penyinaran yang paling efektif untuk mengurangi jumlah bakteri di udara laboratorium adalah 1,5m. Penelitian ini memiliki beberapa kelemahan yang perlu diperbaiki pada penelitian penelitian selanjutnya. Saran yang dapat diusulkan untuk penelitian berikutnya adalah perlu diketahui secara tepat panjang gelombang dari lampu ultraviolet yang digunakan. Metode penangkapan bakteri udara sebaiknya menggunakan cara aktif, yaitu dengan *microbial air sampler*.

DAFTAR REFERENSI

- Andersen B.M., Banrud H., Boe E., Bjordal O., Drangsholt F. (2006). Comparison of UV C Light and Chemicals for Disinfection of Surfaces in Hospital Isolation Units. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. Vol 27. no 7. DOI: [10.1086/503643](https://doi.org/10.1086/503643)
- Ariyadi T. dan Dewi S.S. (2009). Pengaruh Sinar Ultra Violet terhadap Pertumbuhan Bakteri *Bacillus* sp Sebagai Bakteri Kontaminan. *Jurnal Kesehatan* 2(2). <http://Jurnal.unimus.ac.id>
- Cahyonugroho O. H. (2010). Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet dan Pengadukan terhadap Reduksi Jumlah Bakteri *E.coli*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 2(1). <https://core.ac.uk/download/pdf/12216682.pdf>

- Casini B., Tuvo B., Cristina M.L., Spagnolo A.M., Totaro M., Baggiani A., and Privitera G.P. (2019). Evaluation of an Ultraviolet C (UVC) Light-Emitting Device for Disinfection of High Touch Surfaces in Hospital Critical Areas. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 16. 3572; doi:10.3390/ijerph16193572
- Febriyanti N., Sutomo AH. (2013). Pengaruh Variasi Waktu Sterilisasi Dengan Sinar Ultra Violet Terhadap Angka Kuman Udara Ruang Operasi RSUD Brigjend. H. Hasan Basry Kandungan Provinsi Kalimantan Selatan. *Tesis*. S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat. UGM
- Havill N.L., Moore B.A., Boyce J.M. (2012). Comparison of the Microbiological Efficacy of Hydrogen Peroxide Vapor and Ultraviolet Light Processes for Room Decontamination. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. Vol. 33. no. 5. DOI: [10.1086/665326](https://doi.org/10.1086/665326)
- Katara G., Hemvani N., Chitnis V. (2008). Surface Desinfection By Exposure To Germicidal UV Light. *Indian Journal of Medical Microbiology* 26(3) : 241-42. DOI: [10.4103/0255-0857.42034](https://doi.org/10.4103/0255-0857.42034)
- Konieczny, Radziejewska C., Mroczek, and Dziedzic. (2016). Analysis Of Air Quality In selected Areas Of A Poultry Processing Plant With The Use Of A Microbiological Air Sampler. *Journal Of Poultry Science*. 18 (3). 401-406. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0156>
- Lomrah S. (2017). Pengaruh Cahaya Ultraviolet C dan Kelembaban Udara (RH) Terhadap Jumlah Bakteri *Eschericia coli* pada Kulit Sepatu. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- Napoli C., Marcotrigiano V., and Montagna M.T. (2012). Air Sampling Procedures To Evaluate Microbial Contamination: A Comparison Between Active And Passive Methods In Operating Theatres. *BMC Public Health*. 12 (594). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-594>
- Peraturan Pemerintah RI No. 41 tahun 1999 Tentang *Pengendalian Pencemaran Udara*.
- Permenkes RI, 1998. KEPMENKES.RI.No 261/MENKES/II/1998 tentang *Standar Baku Mutu Udara Dalam Ruangan*.
- Permenkes RI, 2004. Kepmenkes Nomor 1204/Menkes/SK/X/2004 tentang *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*.
- Prathab, A.G., Lalitha, C. (2012). Microbiological Surveillance of Air Quality in Operation Theaters-Comparison of the Conventional Settle Plate Techniques vs Use an Air Sampling Device. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*. Vol 1 Issue 4. Bangalore. DOI: [10.14260/jemds/60](https://doi.org/10.14260/jemds/60)
- Sabharwal. R.. and Sharma. R. (2015). Estimation of microbial air contamination by settle plate method: are we within acceptable limit. *SAJB*. 3 (8): 703-707.
- Sarinaningsih. (2018). Pengaruh Intensitas Lama Waktu Penyinaran Dan Posisi Sumber Sinar Ultraviolet Terhadap Reduksi Jumlah Bakteri *E.coli* pada Air Sumur. Mataram : Universitas Mataram.

- Suharyono A.S., Erna M., dan Kurniadi. M. (2009). Pengaruh Sinar Ultra Violet Dan Lama Penyimpanan Terhadap Sifat Mikrobiologi dan Ketengikan Krem Santan Kelapa. *AGRITECH* 29 (3). <https://doi.org/10.22146/agritech.9704>
- Waluyo R.A., Cahyono T. (2016). Efektifitas Sterilisasi Menggunakan Ultraviolet (UV) Pada Ruang Perawatan Di Rumah Sakit Umum Daerah Banyumas Tahun 2016. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Poltekes Semarang: Semarang
- Wedum A.G., Hannele. E., Philips. G.B. (1956). Ultraviolet Sterilization in Mircobiological Laboratories. *Public Health Reports*. Vol 71 No.4. PMID: [PMC2031103](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2031103/)
- Yang J., Wu U., and Tai.H. (2019). Effectiveness of an Ultraviolet-C Disinfection System For Reduction Of Healthcare-Associated Pathogens. *Journal of Microbiology*. 52. 487-493. DOI: [10.1016/j.jmii.2017.08.017](https://doi.org/10.1016/j.jmii.2017.08.017)