

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Laboratorium

Laboratorium merupakan fasilitas yang digunakan untuk menunjang kegiatan pembelajaran, pengamatan, praktikum, dan penelitian. Dalam bidang pendidikan, kegiatan praktikum menjadi salah satu bentuk pembelajaran yang memungkinkan mahasiswa memperoleh pengalaman secara langsung melalui kegiatan pengamatan dan percobaan. Laboratorium dapat ditemukan pada berbagai bidang ilmu, termasuk biologi, fisika, kimia, dan bidang ilmu lainnya (Ramdhani & Supriyatna, 2023). Berdasarkan PERMENPAN No. 3 Tahun 2010 laboratorium merupakan unit penunjang akademik pada institusi Pendidikan yang dapat berupa ruang tertutup maupun terbuka, serta dapat bersifat permanen ataupun bergerak.

Syauqi dalam Rosmania & Yuniar, (2021) menyatakan salah satu laboratorium pada institusi pendidikan adalah Laboratorium Bakteriologi. Laboratorium ini secara khusus digunakan untuk menunjang kegiatan praktikum dan eksperimen yang berkaitan dengan mikroorganisme seperti bakteri yang umumnya memerlukan bantuan mikroskop untuk pengamatannya.

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 1405/MENKES/SK/XI/2002, indeks angka kuman udara di lingkungan kerja atau industri mempunyai batasan konsentrasi kurang dari 700 koloni/m³ udara. APHA, AWWA & WEF SM 9020 hal.6 (2005) menyarankan jumlah koloni pada ruangan laboratorium tidak melebihi 15 koloni per cawan selama 15 menit atau setara 160 CFU/m²/15 menit pemaparan. Standar baku mutu udara dalam

ruang kerja diatur dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Dan Industri bahwa standar baku mutu udara di laboratorium yaitu :

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Udara di Lingkungan Kerja dan Industri

No.	Parameter	Satuan	Batas Maksimum/Baku Mutu
1.	Suhu	°C	18 – 28
2.	Kelembaban	%	40% – 60%
3.	Laju ventilasi udara	m ³ /menit/orang	≥ 0,283
4.	Debu total	mg/m ³	≤ 0,15
5.	Karbon monoksida (CO)	µg/m ³	100 (rata-rata 8 jam)
6.	Sulfur dioksida (SO ₂)	µg/m ³	150 (1 jam) / 35 (1 tahun)
7.	Partikulat PM10	µg/m ³	75 (24 jam)
8.	Angka kuman udara	CFU/m ³	≤ 700
9.	Kebisingan	dBA	≤ 85

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, (2002)

B. Mikroorganisme Udara

Mikroorganisme udara atau bioaerosol adalah partikel biologis yang tersuspensi di udara dan dapat mengandung bakteri, virus, jamur, dan fragmen biologis yang memiliki kemampuan untuk tetap hidup serta menular melalui inhalasi. Ukuran partikel infeksius umumnya berkisar antara 0,5–5 µm, memungkinkan mereka untuk bertahan lama di udara dan mencapai saluran pernapasan bagian bawah manusia (Eugene Cole, 2023). Bioaerosol dapat berasal dari sumber manusia (batuk, bersin, berbicara), sumber cairan atau air, dan lingkungan seperti debu, sistem ventilasi dan material bangunan lembab (Al-Shaarani & Pecoraro, 2024).

Udara tidak mempunyai flora alami untuk mikroorganisme, karena udara bukanlah habitat asli mikroorganisme yang tidak bisa sekadar tumbuh dan hidup begitu saja pada media udara. Mikroorganisme hanya mengapung di udara atau terbawa partikel debu atau uap air. Meskipun udara tidak mendukung kehidupan mikroorganisme, keberadaan mikroorganisme di udara bisa dibuktikan dengan mengambil sampel udara, kemudian dilanjutkan dengan pembiakan dalam media supaya bisa ditunjukkan jumlah dan macam mikroorganisme yang mencemari udara yang kemudian biasa menjadi parameter angka kuman udara (Cahyono, 2024).

C. Jenis Mikroorganisme Udara

1. Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme bersel tunggal yang tidak memiliki membran inti. Organisme ini memiliki dinding sel yang berperan dalam mempertahankan bentuk serta melindungi sel dari tekanan osmotik. Berdasarkan bentuk selnya, bakteri secara umum dapat dibedakan menjadi kokus, basil (batang), dan spiral. Perkembangbiakan bakteri umumnya berlangsung secara aseksual melalui pembelahan biner. Pertumbuhan bakteri berlangsung melalui fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Berdasarkan karakteristik dinding sel yang ditunjukkan melalui pewarnaan Gram, bakteri dikelompokkan menjadi bakteri Gram positif dan Gram negatif (Shafira Febriana *et al.*, 2021).

a. Bakteri Gram Positif

Bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang relative tebal pada dinding selnya. Struktur tersebut berkaitan dengan kemampuan bakteri mempertahankan kompleks pewarna utama pada proses pewarnaan Gram sehingga sel tampak berwarna ungu setelah pemeriksaan mikroskopis. Dinding selnya juga mengandung komponen seperti asam teikoat yang berperan dalam struktur dan karakteristik permukaan sel. Contoh bakteri gram positif adalah *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* dan *Bacillus subtilis* (Shafira Febriana *et al.*, 2021).

Bakteri Gram positif umumnya tidak bersifat pathogen, tetapi dapat ditemukan pada lingkungan basah dan lembap. Pengendaliannya dapat dilakukan melalui kebersihan ruangan dan ventilasi yang baik (Cahyono, 2024). Penelitian identifikasi bakteri udara di ruang komponen darah dengan hasil pemeriksaan 10 sampel terdapat pertumbuhan bakteri pada semua cawan petri di media Nutrient Agar dengan perincian 20% sampel bakteri berbentuk gram positif basil, 70% sampel bakteri berbentuk gram positif kokus, 10% sampel berbentuk gram positif basil dan kokus. Hasil penelitian Rahmatullah *et al.*, (2021) mengenai identifikasi bakteri udara di ruang komponen darah menunjukkan bahwa seluruh dari 10 sampel yang diperiksa mengalami pertumbuhan bakteri pada media nutrient agar dengan hasil gram positif 20% basil, 70% kokus dan 10% kombinasi basil dan kokus.

b. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis dibandingkan dengan bakteri Gram positif. Pada proses pewarnaan Gram lapisan tersebut tidak mampu mempertahankan zat warna utama setelah pemberian alkohol, sehingga sel bakteri kemudian menyerap pewarna pembanding dan tampak berwarna merah atau merah muda saat diamati secara mikroskopis. Beberapa contoh bakteri Gram negatif antara lain *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, dan *Pseudomonas* (Shafira Febriana *et al.*, 2021). Bakteri ini umumnya tidak banyak ditemukan pada lingkungan dalam ruangan. Apabila jumlahnya ditemukan dalam konsentrasi tinggi, kondisi tersebut dapat menunjukkan adanya kontaminasi yang berasal dari bioaerosol maupun sumber kontaminasi lainnya. Beberapa jenis bakteri Gram negatif diketahui dapat menimbulkan gangguan kesehatan, seperti demam dan infeksi pada saluran pernapasan yang dapat berkembang menjadi pneumonia akut. Penggunaan desinfektan merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan bakteri Gram negatif dari lingkungan (Cahyono, 2024).

2. Virus

Virus merupakan mikroorganisme patogen yang memiliki karakteristik khusus karena tidak dapat melakukan replikasi secara mandiri dan memerlukan sel inang sebagai tempat untuk memperbanyak diri. Ukuran virus relatif lebih kecil ketimbang bakteri, Virus juga hanya

membawa satu jenis asam nukleat sebagai materi genetiknya. Bentuk virus ada yang berbatang pendek, berbatang panjang, bulat dan polihedral. Misalnya, virus *Coli-fag*, virus *Influenza H5N1*, *Coronavirus*, dan sebagainya (Cahyono, 2024).

3. Protozoa

Putri *et al.* (2024) menjelaskan bahwa protozoa merupakan mikroorganisme uniseluler yang tergolong dalam kelompok protista. Walaupun memiliki ukuran mikroskopis, keberadaan protozoa dapat memberikan dampak yang cukup besar terhadap kesehatan manusia. Ukurannya berkisar antara 10–500 μm dan umumnya hidup sebagai organisme tunggal, meskipun beberapa jenis dapat ditemukan dalam bentuk koloni. Berdasarkan alat geraknya, protozoa dapat dikelompokkan menjadi amoeba atau pseudopodia, siliata, dan flagellata. Beberapa contoh protozoa antara lain *Cryptocaryon irritans* dan *E. histolytica*.

4. Jamur

Jamur atau fungi merupakan organisme heterotroph yang tidak dapat menghasilkan makanan sendiri, sehingga memperoleh nutrisi dengan memanfaatkan dan menyerap senyawa organik dari lingkungan sebagai sumber makanan dan energi. Beberapa jenis jamur bisa menyerang inang yang hidup untuk tumbuh subur dan menjadi parasit bagi inangnya. Namun, dari sekitar 500.000 spesies jamur, yang patogenik terhadap manusia hanya sekitar 100. Selain penyakit kulit, kematian yang terjadi karena infeksi jamur sangatlah tinggi. Adapun contoh jamur, di antaranya *Aspergillus*,

Mucor, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, dan sebagainya (Shafira Febriana *et al.*, 2021).

D. Angka Kuman Udara

Angka kuman udara merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menggambarkan kondisi mikrobiologis udara. Parameter ini menunjukkan jumlah mikroorganisme baik patogen maupun nonpatogen yang berada di udara dalam bentuk partikel tersuspensi seperti droplet atau debu. Mikroorganisme tersebut dapat ditangkap melalui proses pengambilan sampel udara dan ditumbuhkan pada media pertumbuhan hingga membentuk koloni yang dapat diamati dan dihitung. Jumlah koloni yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan konsentrasi mikroorganisme dan dinyatakan dalam satuan *colony forming unit* per meter kubik (CFU/m³) (Cahyono, 2024)

1. Faktor Yang Mempengaruhi Angka Kuman Udara

Penilaian kualitas udara sering membandingkan konsentrasi mikroba terhadap ambang referensi tergantung konteks fasilitas. Kualitas ini dipengaruhi oleh ventilasi, aktivitas manusia, kebersihan permukaan, dan konstruksi/renovasi bangunan. Kontrol ventilasi, filtrasi, dan praktik kebersihan berperan besar dalam menurunkan beban bioaerosol. (Yuying Chen & Li, 2024). Beberapa hal yang memengaruhi kualitas mikrobiologi udara meliputi:

a. Kondisi parameter fisik udara

1) Radiasi

Adanya sinar *ultraviolet* (UV) dengan panjang gelombang 200-280 nm bisa membunuh mikroorganisme. Menurut Alatas Z, Sinar *ultraviolet* bisa langsung dari sinar matahari maupun buatan (Dwiyanti, 2022).

2) Suhu

Setiap kelompok mikroorganisme memiliki rentang suhu tertentu yang mendukung pertumbuhan dan perkembangannya secara optimal. Mikroorganisme psikrofil mampu tumbuh pada kisaran suhu 0–30°C dengan suhu optimum sekitar 15°C. Kelompok mesofil dapat berkembang pada suhu 15–45°C, dengan suhu pertumbuhan optimum berkisar 25–37°C. Sementara itu, mikroorganisme termofil dapat tumbuh pada kisaran 40–75°C dan mencapai pertumbuhan optimal pada suhu sekitar 55–60°C (Attirmidzi, 2022).

3) Kelembapan

Perkembangan mikroorganisme berlangsung pada kondisi kelembapan yang sesuai. Ragi dan bakteri umumnya memerlukan kelembapan yang tinggi, yaitu lebih dari 85%, sedangkan jamur dan aktinomisetes dapat tumbuh pada kelembapan yang lebih rendah, yaitu di bawah 80%(Cahyono, 2024).

4) Pencahayaannya.

Apriani, *et al.* (2023) menyatakan Cahaya dapat menyebabkan kerusakan pada sel mikroorganisme, terutama pada mikroorganisme yang tidak memiliki pigmen fotosintetik. Radiasi dengan panjang gelombang yang pendek dapat memberikan pengaruh yang merugikan terhadap mikroorganisme. Sebagian besar bakteri tidak mampu melakukan fotosintesis, sehingga paparan radiasi dapat membahayakan kelangsungan hidupnya

5) Debu.

Debu adalah partikel berukuran kurang dari 10 mikron yang dapat melayang di udara. Semakin kecil ukuran debu, terutama kurang dari 5 mikron, semakin mudah partikel tersebut bertahan di udara. maka semakin lama melayang-layang di udara. Mikroorganisme sangat berpeluang besar untuk menempel pada debu sehingga ikut melayang di udara. Debu (<5 mikron) bisa masuk dalam sistem pernapasan, bahkan hingga mengendap di alveoli (Safitri *et al.*, 2022).

b. Kondisi parameter kimia udara atau bahan kimia di udara

Desinfektan atau antiseptic dengan bahan kimia yang secara sengaja disemprotkan ke udara untuk mengendalikan kuman di udara, seperti H₂O₂, alkohol, chlor, dan sebagainya. Ozon di udara bisa mematikan mikroorganisme di udara. Ozon secara alami terdapat di permukaan

bumi, terbentuk dari O_2 yang bereaksi dengan O dari hasil fiksasi pemecahan sinar matahari secara alami (Cahyono, 2024)

c. Kondisi Mikroorganisme

Keberadaan mikroorganisme di udara sangat tergantung pada sifat, keadaan fisiologis mikroorganisme, dan keadaan suspensi. Bentuk spora merupakan alternatif mikroorganisme untuk bisa beradaptasi pada kondisi udara yang ekstrem. Ukuran dan berat jenis mikroorganisme merupakan faktor yang memengaruhi lamanya mikroorganisme dapat bertahan di udara. Mikroorganisme yang memiliki ukuran dan berat jenis lebih besar cenderung lebih cepat mengendap, sedangkan mikroorganisme berukuran lebih kecil lebih mudah terbawa dan bertahan di udara dalam waktu yang lebih lama. Mikroorganisme yang menempel pada partikel debu atau air berukuran $<2,5$ mikron dapat bertahan lebih lama di udara dibandingkan dengan partikel berukuran 5 mikron (Cahyono, 2024)

d. Antropogenik (aktivitas manusia)

Jumlah kuman di udara ruangan dipengaruhi oleh jenis aktivitas yang dilakukan, di mana kegiatan yang melibatkan banyak gerakan meningkatkan konsentrasi kuman. Kepadatan penghuni juga berperan, semakin padat ruang, kuman di udara makin banyak. Selain itu, kebersihan pribadi sangat penting karena batuk dan bersin dapat menambah jumlah kuman, sehingga perlu diterapkan etika batuk dan bersin untuk mengurangi penyebaran kuman (Cahyono, 2024).

e. Sarana dan Prasarana Ruangan

Ventilasi berperan dalam memasukkan udara segar ke dalam ruangan sekaligus mengeluarkan udara yang telah tercemar, baik melalui proses alami maupun dengan bantuan sistem mekanis (Fadhila, 2023). Pada ruangan yang menggunakan AC, kondisi ruangan yang tertutup rapat menyebabkan pertukaran udara dengan lingkungan luar menjadi terbatas, jika di dalam ruang tersebut ada aktivitas orang batuk dan bersin, maka mikroorganisme akan terkonsentrasi di dalam ruangan itu saja. Ruangan dengan kipas angin bisa menjadi media penyebar udara mendistribusikan udara ke semua ruangan, sehingga debu dan uap air juga tersebar ke semua ruangan (Cahyono, 2024).

2. Pengambilan Sampel Kuman Udara

Pengambilan sampel kuman udara dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu metode aktif dan metode pasif. Pada metode aktif, udara dialirkan secara paksa ke dalam alat tertentu untuk menangkap partikel yang terdapat di udara ruangan. Metode pengambilan sampel secara aktif terdiri atas tiga teknik, yaitu *impingement* (penangkapan melalui penumbukan pada cairan), *impaction* (penangkapan melalui penumbukan pada permukaan padat), dan *filtration* (penangkapan melalui proses penyaringan) (Muhammad & Widayati, 2024).

Pengambilan sampel udara metode pasif dilakukan dengan membiarkan partikel yang terdapat di udara mengendap secara alami pada media pertumbuhan. Salah satu teknik yang digunakan adalah metode *settle plate*,

yaitu dengan membuka cawan Petri yang berisi media pertumbuhan steril selama waktu tertentu sehingga partikel yang mengandung mikroorganisme dapat mengendap pada media. Setelah proses pengambilan sampel selesai, media kemudian diinkubasi untuk mengamati pertumbuhan mikroorganisme. ISO 14698-1:2003 menjelaskan bahwa durasi pemaparan media (*exposure time*) biasanya disarankan sekitar 15 menit untuk mendapatkan jumlah koloni mikroorganisme yang representatif tanpa menyebabkan dehidrasi media berlebih (Indrapradhika, 2020).

Jeda waktu pemaparan media *settle plate* setelah penyinaran lampu *Ultraviolet* adalah selama 15 menit untuk memastikan mikroorganisme yang tersisa mewakili kondisi sebenarnya dapat terakumulasi di media sebelum inkubasi dan penghitungan. Hal ini juga bertujuan agar udara bisa stabil kembali dan mikroba yang masih ada bisa jatuh atau terperangkap dengan baik di media. Pengambilan sampel langsung tanpa jeda kurang disarankan karena dapat menghasilkan data mikroba yang kurang akurat akibat kondisi udara yang belum stabil (Elisa Rinihapsari *et al.*, 2021).

SNI 7230 (2009) menyatakan bahwa penentuan titik pengambilan sampel udara perlu dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi udara serta bentuk dan ukuran ruang kerja agar titik sampling dapat mewakili kondisi udara di dalam ruangan. Penentuan titik sampling dilakukan dengan membagi luas ruangan menggunakan garis vertikal dan horizontal menjadi beberapa bagian, dengan ukuran panjang dan lebar 3–6 m. Ketinggian cawan petri

yang disarankan adalah 1 meter dari permukaan lantai dan 30-100 cm dari dinding (Cahya Ningrum *et al.*, 2025).

3. Media Hitung Angka Kuman Udara

a. Media PCA (*Plate Count Agar*)

Media *Plate Count Agar* (PCA) merupakan salah satu media yang digunakan untuk menumbuhkan dan menghitung bakteri, termasuk dalam pemeriksaan kualitas bahan pangan, minuman, serta kuman udara. Media ini mengandung *casein enzymic hydrolysate* sebagai sumber asam amino dan nitrogen kompleks, sedangkan *yeast extract* berfungsi menyediakan vitamin B kompleks. *Plate Count Agar* (PCA), yang juga dikenal sebagai *Standard Methods Agar* (SMA), merupakan media yang dikembangkan atas permintaan *American Public Health Association* (APHA) (Angraeni, 2021).

b. Media NA (*Nutrient Agar*)

Media *Nutrient Agar* (NA) digunakan dalam berbagai prosedur standar untuk pemeriksaan sampel air, makanan, dan bahan lainnya. Selain itu, media ini dapat dimanfaatkan untuk menghitung jumlah mikroorganisme yang terdapat pada limbah dan feses. Dalam penggunaannya, media NA dapat ditambahkan bahan biologis, seperti darah domba, serum darah, kuning telur, maupun bahan biologis lainnya untuk meningkatkan kandungan nutrisi sehingga mendukung pertumbuhan bakteri (Muhammad & Widayati, 2024).

c. Media TSA (*Tryptic Soy Agar*)

Media TSA adalah media kultur yang berfungsi untuk menumbuhkan berbagai macam bakteri. Media ini sering dipakai untuk mengisolasi dan mengkultur bakteri dengan karakteristik pertumbuhan yang berbeda, baik yang membutuhkan nutrisi khusus (*fastidious*) maupun yang tidak (*non-fastidious*). Selain itu, media ini dapat mendukung pertumbuhan bakteri aerob maupun anaerob, menjadikannya media serbaguna dalam penelitian dan diagnostik mikrobiologi (Muhammad & Widayati, 2024).

4. Perhitungan Angka Kuman

Koloni bakteri dapat ditentukan jumlahnya menggunakan metode hitungan cawan. Metode ini dilakukan dengan menumbuhkan bakteri pada cawan Petri yang berisi media agar sehingga sel bakteri yang berkembang akan membentuk koloni yang dapat diamati dan dihitung. Jumlah koloni yang dapat dihitung umumnya berada pada kisaran kurang dari 300 koloni. Apabila jumlah koloni melebihi 300, hasil tersebut dicatat sebagai terlalu banyak untuk dihitung (*Too Numerous To Count/TNTC*) (Abu-Sini *et al.*, 2023).

Menurut Indrapradhika, (2020) beberapa ketentuan dalam perhitungan koloni menggunakan metode *Standard Plate Count* (SPC) adalah sebagai berikut:

- a. Cawan yang digunakan untuk perhitungan merupakan cawan yang memiliki jumlah koloni antara 30–300 koloni.

- b. Koloni yang saling menyatu dan membentuk satu kumpulan besar, sehingga jumlah masing-masing koloni tidak dapat dipastikan, dihitung sebagai satu koloni.
- c. Rangkaian koloni yang membentuk satu garis tebal dan tampak sebagai satu kesatuan dihitung sebagai satu koloni.

E. Lampu *Ultraviolet*

Sterilisasi bertujuan untuk menghanguskan atau membebaskan alat, bahan, media maupun benda lainnya dari seluruh mikroorganisme baik yang bersifat patogen maupun nonpatogen (Hanifah *et al.*, 2021).

Cutler dan Zimmerman dalam Khotimah (2021) menjelaskan bahwa sinar *ultraviolet* merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik yang memiliki rentang panjang gelombang 100-400 nm dan terletak di antara sinar-X dan Cahaya tampak. Berdasarkan panjang gelombangnya, sinar UV dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu UV-A (315–400 nm) yang dapat merangsang pigmentasi kulit sehingga menyebabkan kulit menjadi lebih gelap (*tanning*), UV-B (280–315 nm) yang dapat menimbulkan kemerahan atau terbakar pada kulit serta dimanfaatkan dalam beberapa aplikasi medis, dan UV-C (200–280 nm) yang dikenal memiliki sifat *germicidal* karena mampu menghambat atau merusak mikroorganisme, termasuk bakteri dan virus.

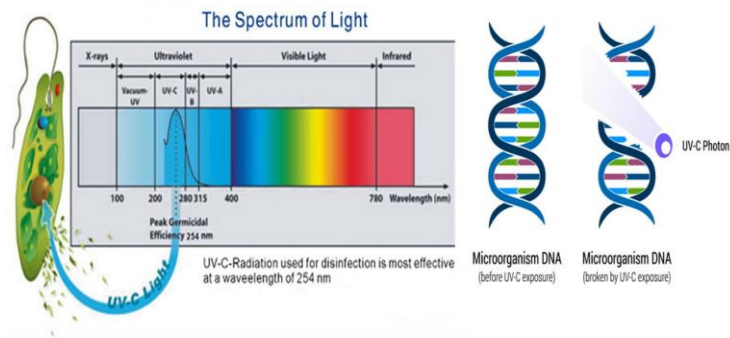
Sinar *ultraviolet* dapat dimanfaatkan dalam proses sterilisasi karena memiliki kemampuan untuk merusak materi genetik mikroorganisme. Paparan sinar UV dapat menyebabkan terbentuknya ikatan kovalen antar basa nitrogen pada DNA, sehingga mengganggu proses replikasi dan transkripsi serta

menghambat kemampuan mikroorganisme untuk berkembang. Diantara jenis sinar UV, UV-C memiliki efektivitas yang tinggi dalam proses sterilisasi karena mampu memberikan kerusakan pada DNA dan RNA mikroorganisme sehingga menghambat pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya (Islam & Pangestu, 2021).

Keunggulan sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet anatar lain tidak memerlukan penggunaan bahan kimia, sehingga tidak menimbulkan rasa maupun bau yang dapat mengganggu. Metode ini juga efektif dalam menginaktivasi berbagai jenis bakteri patogen serta tidak menghasilkan residu atau produk samping yang berpotensi membahayakan. Selain itu, efektivitas sinar UV tidak dipengaruhi oleh kondisi pH, penggunaanya relatif sederhana, dan dosis penyinaran dapat diatur secara lebih terukur sesuai kebutuhan (Taruna & Bagas, 2023).

1. **Mekanisme Kerja Sinar UV-C**

Sinar *Ultraviolet-C* bekerja dengan memancarkan radiasi UV (panjang gelombang antara 200 – 280 nanometer) yang memiliki energi tinggi. Saat udara yang mengandung banyak mikroorganisme melewati lampu UV, sinar UV akan menembus dinding sel mikroorganisme dan mencapai inti DNA atau RNA mikroorganisme. Radiasi UV akan merusak struktur DNA atau RNA mikroorganisme dengan mengganggu ikatan molekul. Kerusakan tersebut akan menghambat kemampuan mikroorganisme untuk bereproduksi (Admin yuki, 2024).



Gambar 2.1 Mekanisme Kerja Lampu Ultraviolet

Miller dkk., menyatakan bahwa pirimidin adalah salah satu komponen utama dalam struktur DNA dan RNA yang paling menyerap panjang gelombang *ultraviolet* (UV). Penyerapan ini terjadi karena sifat kimia dari basa pirimidin, yakni sitosin dan timin, yang memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap energi dari sinar UV. Ketika DNA atau RNA menyerap energi dari sinar UV yang memiliki panjang gelombang 200-310 nm, terutama sekitar 254 nm (asosiasi dengan spektrum UV-C yang paling efektif), terjadi proses fotoreaksi yang menyebabkan pembentukan ikatan kovalen antara basa-basa pirimidin yang berdekatan dan akan mengalami reaksi pembentukan dimer timin. Reaksi ini berlangsung tanpa menyebabkan kerusakan pada permukaan luar sel secara langsung karena proses penyerapan energi ini tertutup oleh struktur molekul dan komponen sel lainnya, sehingga energi yang diserap tidak menyebabkan kerusakan fisik langsung di lapisan luar sel. Kerusakan ini mencegah DNA melakukan replikasi dengan benar, yang kemudian menyebabkan kerusakan permanen pada informasi genetik dan akhirnya kematian sel jika kerusakan tidak diperbaiki. Mekanisme ini menjadi dasar

efektivitas sinar UV dalam proses disinfeksi dan sterilisasi, karena kemampuan membentuk dimer timin ini menghambat kemampuan mikroorganisme untuk berkembang biak (Shabilla Sukma Maulidina, 2021).

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Penyinaran *Ultraviolet*

a. Intensitas Cahaya

Latriyanto dalam Tiyastuti, (2021) menyatakan jumlah mikroorganisme yang terdapat di udara dapat berkurang seiring dengan meningkatnya intensitas radiasi dari lampu *ultraviolet*. Intensitas UV yang lebih tinggi akan memebrika paparan radiasi yang lebih besar terhadap mikroorganisme, sehingga proses inaktivasi berlangsung lebih efektif dan menyebabkan penurunan jumlah mikrooranisme yang semakin tinggi.

b. Lama penyinaran

Durasi paparan sinar *ultraviolet* menjadi factor yang menentukan keberhasilan proses sterilisasi udara di dalam ruangan. Semakin Panjang waktu penyinaran yang diberikan, semakin lama mikroorganisme menerima paparan UV semakin banyak jumlah bakteri yang dapat diinaktivasi. Elisa Rinihapsari *et al.*, (2021) menyimpulkan bahwa jangka waktu yang paling efektif untuk menurunkan mikroba udara laboratorium dengan menggunakan lampu *utraviolet* adalah 0,5 jam (30 menit) dengan penurunan mikroba sebesar 96,30%.

c. Jarak penyinaran

Jarak antara lampu *ultraviolet* (UV) dan objek yang disinari turut memengaruhi besarnya intensitas radiasi yang diterima. Semakin dekat posisi lampu UV dengan objek, semakin tinggi intensitas radiasi yang diterima, sehingga proses inaktivasi mikroorganisme menjadi lebih efektif dan jumlah mikroba yang tersisa dapat berkurang lebih banyak.. Jarak penyinaran yang paling efektif adalah 1,5 meter, dengan penurunan mikroba 67,74% (Elisa Rinihapsari *et al.*, 2021).

