

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Mikroorganisme udara

Mikroorganisme yang berada di udara sering disebut dengan bioaerosol. Bioaerosol merupakan kumpulan partikel seperti spora, polen, sel-sel bakteri dan virus yang tersuspensi di dalam medium udara (Santoso, 2015). Kelompok mikroorganisme yang paling banyak tersebar di udara adalah bakteri, jamur dan mikroalga. Jenis mikroorganisme yang berada di udara yaitu:

a. Bakteri

Bakteri merupakan organisme uniseluler, tidak memiliki membran inti, tidak memiliki klorofil, bersifat saprofit atau parasit, berkembangbiak secara aseksual atau dengan pembelahan biner dan termasuk dalam protista prokariotik (Harti, 2015). Bakteri memiliki dinding sel yang kaku yang berfungsi untuk mempertahankan bentuknya dan melindungi sel dari tekanan osmotik. Bakteri memiliki tiga bentuk yaitu kokus atau bentuk bulat seperti bola, basil atau bentuk batang, spiril atau bentuk lengkung. Bakteri melakukan pertumbuhan secara aseksual atau sering disebut dengan pembelahan biner (Irianto, 2014). Pertumbuhan bakteri terbagi menjadi 4 fase yaitu fase penyesuaian, eksponensial, stasioner

dan kematian. Bakteri secara umum dibedakan menjadi dua berdasarkan sifat pewarnaan gram yaitu gram positif dan gram negatif.

1) Bakteri gram positif

Bakteri gram positif memiliki dinding sel yang mengandung peptidoglikan yang tebal serta diikuti pula dengan adanya ikatan benang *teichoic acid* dan *teichoronic acid*. Asam teikhoat berfungsi sebagai antigen permukaan dan letaknya berada di antara lapisan membran sitoplasma dan lapisan peptidoglikan. Bakteri gram positif saat dilakukan proses pewarnaan gram akan menunjukkan warna ungu.

Pada bakteri gram positif dinding selnya terdehidrasi dengan perlakuan alkohol, pori-pori mengerut, daya rembes dinding sel dan membrane sel akan menurun sehingga pewarna safranin tidak dapat masuk sehingga sel berwarna ungu yang merupakan warna dari kristal violet. Contoh bakteri gram positif adalah *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* dan *Bacillus subtilis* (Nasution, 2014).

2) Bakteri gram negatif

Bakteri gram negatif hanya memiliki satu lapis peptidoglikan. Bakteri gram negatif akan mengalami

dekolorisasi alkohol sehingga mengakibatkan bakteri berwarna merah violet. Contoh bakteri gram negatif adalah *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* dan *Pseudomonas* (Garcia, 2010).

b. Jamur

Fungi atau jamur (cendawan) adalah organisme heterotrofik yaitu memerlukan senyawa organik untuk nutrisinya. Jamur berkembang biak dengan berbagai cara, baik secara aseksual maupun seksual. Reproduksi secara aseksual dengan pembelahan, penguncupan atau pembentukan spora. Reproduksi secara seksual dengan peleburan nukleus dari dua sel induknya (Irianto, 2014).

2. Faktor pertumbuhan bakteri

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri yaitu suhu, pH, tekanan osmosis, kelembaban dan cahaya, kebutuhan oksigen dan nutrisi dalam media.

a. Suhu

Suhu merupakan faktor lingkungan yang penting bagi kelangsungan hidup bakteri. suhu yang rendah dapat memperlambat metabolisme seluler sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat mendenaturasi protein enzim. Suhu yang paling baik untuk kehidupan makhluk hidup disebut suhu

optimum. Berdasarkan suhu optimum untuk pertumbuhannya, bakteri dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu sebagai berikut:

1) Psikofilik (0-20°C)

Bakteri yang hidup pada suhu dingin dan pertumbuhan optimumnya adalah pada suhu dibawah 20°C. Bakteri ini banyak terdapat di dasar lautan dan pada bahan makanan yang dibekukan. Pertumbuhan bakteri psikofilik pada bahan makanan menyebabkan kualitas bahan makanan tersebut menurun atau menjadi busuk.

2) Mesofilik (20-50°C)

Bakteri yang dapat hidup secara maksimal pada suhu sedang dan memiliki suhu optimum di antara 20°C sampai 50°C. Bakteri mesofil banyak terdapat pada tanah, air dan tubuh vertebrata.

3) Termofilik (50-100°C)

Bakteri yang tumbuh optimal pada suhu yang tinggi. Bakteri ini dapat tumbuh pada suhu diatas 40°C bahkan di tempat yang panas, seperti di sumber mata air panas (Cappucino dan Sherman, 2013).

a. Konsentrasi ion hidrogen (pH)

Pertumbuhan dan kelangsungan hidup bakteri sangat dipengaruhi oleh pH lingkungan dan setiap spesies bakteri memiliki kebutuhan pH yang berbeda. pH dapat

mempengaruhi kerja enzim. Pada pH optimum, enzim akan mengkatalis reaksi lebih cepat. pH optimum pertumbuhan bakteri antara pH 6,5 - 7,5 (Cappucino dan Sherman, 2013). Berdasarkan pH optimumnya, bakteri dapat digolongkan sebagai berikut:

- 1) Asidofil memiliki nilai rentang pH 6,5 – 7,0
- 2) Mesofil memiliki nilai rentang pH 7,5 – 8,0
- 3) Alkalofil memiliki nilai rentang pH 8,4 – 9,0

b. Kelembaban

Ruangan dengan kelembaban diatas 75% akan menyebabkan bakteri melakukan pertumbuhan sedangkan udara yang sangat kering dapat membunuh bakteri atau menyebabkan metabolisme bakteri berhenti. Menurut penelitian tentang pengaruh penggunaan ventilasi (AC dan Non AC) terhadap keberadaan mikroorganisme udara di ruang perpustakaan menyatakan bahwa terdapat hubungan antara kelembaban ruangan dengan keberadaan bakteri. Jika semakin tinggi kelembaban maka jumlah koloni bakteri akan cenderung banyak begitu pula sebaliknya (Rachmatantri, 2015). Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 menyebutkan bahwa kelembaban ruang laboratorium adalah 35-60%.

c. Tekanan osmosis

Tekanan osmosis merupakan tekanan yang dihasilkan akibat adanya proses osmosis. Osmosis merupakan perpindahan air melewati membran semipermeabel dari larutan berkonsentrasi tinggi ke larutan berkonsentrasi rendah. Dalam larutan hipotonik, air akan masuk ke dalam sel bakteri, sedangkan larutan hipertonik, air akan keluar dari dalam sel bakteri sehingga membran plasma mengerut dan lepas dari dinding sel (plasmolisis). Plasmolisis dapat menghambat reproduksi sel bakteri (Ryani, 2014).

d. Pencahayaan

Proses pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh cahaya. Cahaya dapat merusak sel bakteri yang tidak berklorofil. Sinar ultraviolet (UV) yang memiliki panjang gelombang 280-100 nm dapat membunuh bakteri. Akibat yang disebabkan oleh sinar UV yaitu dimerisasi timin. Dimerisasi timin merupakan ikatan kovalen antara dua molekul timin yang bersebelahan pada satu untai asam nukleat dalam DNA (Cappucino dan Sherman, 2013).

Hubungan antara kuat penerangan dengan jumlah mikroba adalah berbanding terbalik. Berdasarkan hasil penelitian oleh Vidyautami (2015) menyebutkan bahwa

semakin besar kuat penerangan yang digunakan maka jumlah mikroba akan semakin sedikit dan sedangkan semakin kecil kuat penerangan yang digunakan maka jumlah mikroba semakin banyak.

e. Kebutuhan oksigen

Bakteri membutuhkan oksigen untuk proses respirasi atau untuk mengubah makanannya menjadi energi. Bakteri terbagi atas empat kelompok berdasarkan kebutuhan oksigen yaitu:

1) Aerob

Bakteri ini membutuhkan adanya oksigen dalam proses respirasi.

2) Mikroaerofil

Bakteri ini membutuhkan jumlah oksigen yang terbatas untuk pertumbuhannya. Jumlah oksigen yang berlebih akan menyebabkan kematian.

3) Anaerob

Bakteri yang tidak membutuhkan oksigen karena oksigen akan membentuk H_2O_2 yang bersifat toksik dan menyebabkan kematian. Bakteri anaerob tidak memiliki enzim katalase yang dapat menguraikan H_2O_2 menjadi air dan oksigen.

4) Anaerob fakultatif

Bakteri yang dapat tumbuh dengan atau tanpa oksigen (Cappucino dan Sherman, 2013).

e. Nutrisi

Bakteri membutuhkan nutrisi dasar untuk kelangsungan hidupnya. Akan tetapi, setiap bakteri memiliki kebutuhan yang berbeda. Nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri harus mengandung sumber karbon, sumber nitrogen, mineral berupa sulfur dan fosfat, dan faktor pertumbuhan yang meliputi asam amino, purin, pirimidin dan vitamin. Persyaratan untuk pertumbuhan bakteri bervariasi tergantung dengan jenis bakterinya. Beberapa bakteri dapat memperbanyak diri pada berbagai jenis nutrisi dan ada juga yang membutuhkan nutrisi yang khusus untuk pertumbuhannya (Jawetz, dkk., 2008).

3. Metode pengambilan sampel udara

a. Metode pasif

Pengambilan sampel udara dapat diperoleh dengan menggunakan metode pasif karena membiarkan partikel udara mengenai pada permukaan media pertumbuhan.

Metode ini disebut *exposure plate*. Prinsip metode ini yaitu meletakkan cawan petri yang berisi media agar dengan kondisi terbuka dengan waktu 1 jam sehingga partikel udara akan mengendap dan menempel pada permukaan agar. Setelah itu, cawan petri diinkubasi sehingga akan terlihat sejumlah koloni pada cawan petri. Setiap koloni menunjukkan satu bakteri yang masuk pada permukaan media agar. Metode ini cocok digunakan pada ruangan tertutup yang aliran udaranya tenang. Akan tetapi, metode ini termasuk kualitatif karena pada metode ini tidak dapat menghitung seberapa besar volume udara dan sangat tergantung oleh kecepatan aliran udara (Hafsan, 2014).

b. Metode aktif

Metode pengambilan udara secara aktif dengan mengambil udara yang bergerak memasuki suatu peralatan yang terdapat pipa untuk menjebak partikel yang terkandung didalamnya. Terdapat tiga prinsip dalam pengumpulan sampel secara aktif yaitu *impingement*, *impaction*, *sieve impactor* (*six stage Andersen air sampler*). Prinsip yang sering digunakan untuk metode aktif yaitu *impingement* (Hafsan, 2014).

4. Perhitungan koloni bakteri

Koloni bakteri udara yang tumbuh pada media pertumbuhan dapat dihitung dengan metode hitungan cawan. Menghitung jumlah bakteri dengan menggunakan hitungan cawan karena metode ini paling sensitif. Selain itu, alasan menggunakan hitungan cawan yaitu hanya sel yang masih hidup yang dapat dihitung, beberapa jenis bakteri dapat dihitung sekaligus, dan dapat digunakan untuk isolasi dan identifikasi bakteri. Adapun cara menghitung koloni pada cawan adalah sebagai berikut:

- a. Cawan yang dipilih dan dihitung adalah yang mengandung jumlah koloni antara 30-300
- b. Beberapa koloni yang bergabung menjadi satu dapat dihitung sebagai satu koloni
- c. Suatu deretan (rantai) koloni yang terlihat sebagai suatu garis tebal dapat dihitung sebagai satu koloni (Hafsan, 2014).

5. Pengendalian bakteri

Bakteri dapat menyebabkan bahaya bagi manusia jika dalam jumlah yang banyak. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian terhadap pertumbuhan bakteri. Pengendalian bakteri bertujuan untuk mencegah penyebaran penyakit dan infeksi, membasmi mikroorganisme sebagai bakteri kontaminan, dan

mencegah pembusukan dan perusakan bahan oleh mikroorganisme.

Pengendalian bakteri dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

a. Metode Kimia

1) Disinfeksi

Disinfeksi merupakan proses yang menggunakan bahan kimia yang dapat membunuh sel-sel vegetatif dan jasad renik. Contoh disinfektan adalah alkohol, aldehid, halogen dan logam berat (Tille, 2017).

2) Antiseptis

Antiseptis merupakan proses membunuh, menghambat atau menurunkan jumlah bakteri dengan menggunakan bahan antiseptik (Hamijaya, 2014).

b. Metode Fisik

1) Pemanasan kering

Sterilisasi dengan pemanasan kering atau udara panas digunakan jika tidak dapat menggunakan autoklaf atau jika tidak terdapat kontak antara uap bertekanan dengan benda yang akan disterilkan. Dapat digunakan untuk peralatan laboratorium seperti cawan petri, pipet serta beberapa peralatan. Terdapat dua metode sterilisasi pemanasan kering yaitu dengan menggunakan insinerasi dan dengan oven udara panas (Fifendy, 2017).

2) Pemanasan basah

Sterilisasi pemanasan basah dengan suhu diatas 100°C dilakukan dengan menggunakan autoklaf. Metode ini memiliki keuntungan yaitu waktu yang digunakan cepat, mempunyai daya tembus dan menghasilkan kelembapan yang tinggi. Hal tersebut mempermudah koagulasi protein sel-sel bakteri udara (Fifendy, 2017).

3) Filtrasi

Pada metode ini menggunakan filter HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) yang memungkinkan dialirkannya udara bersih ke dalam ruangan tertutup dengan sistem aliran udara laminar (*Laminar Air Flow*) (Rahayu dkk., 2017). Pengendalian bakteri udara dengan filtrasi terdapat dua filter yaitu filter bakteri dan filter udara. Filter bakteri dapat digunakan untuk bahan yang sensitif terhadap panas misalnya enzim, serum, antitoksin.

4) Radiasi elektromagnetik

Beberapa bentuk radiasi dapat merusak bakteri bahkan dapat menyebabkan kematian atau mutasi. Radiasi yang dapat menyebabkan bakteri mati adalah radiasi yang memiliki panjang gelombang pendek yaitu 300 nm dan yang lebih rendah. Radiasi dengan panjang gelombang diatas 300 nm, tidak memiliki energi yang

cukup untuk menghancurkan sel. Radiasi tersebut adalah sinar X, sinar gamma, sinar katode dan sinar ultraviolet. Sinar X dan sinar gamma memiliki panjang gelombang yang pendek yaitu dibawah 300 nm daripada sinar ultraviolet. Namun, sinar X dan sinar gamma tidak digunakan karena membutuhkan peralatan yang mahal dan membutuhkan fasilitas keamanan yang khusus.

Tabel 1. Radiasi Elektromagnetik

Radiasi Elektromagnetik	Panjang gelombang
Gelombang radio	1000 nm
Inframerah	1000 – 700 nm
Cahaya tampak	700 – 300 nm
Ultraviolet	300 – 100 nm
Sinar X	100 – 0,1 nm
Sinar gamma	0,1 – 0,001 nm
Sinar kosmik	0,001 nm

Sumber: Cappuccino dan Sherman, 2013

6. Sinar ultraviolet

a. Pengertian sinar ultraviolet

Sinar ultraviolet (UV) memiliki rentang panjang gelombang antara 400 nm – 100 nm yang berada diantara spektrum sinar X dan cahaya tampak (Cahyanugroho, 2010).

Berdasarkan panjang gelombangnya, sinar UV dibagi menjadi tiga yaitu UV-A atau gelombang panjang dengan panjang gelombang antara 380 – 315 nm dan dapat mengakibatkan kerusakan pada kulit manusia, UV-B atau gelombang medium dengan panjang gelombang antara 315 – 280 nm dapat membakar kulit serta menyebabkan kanker, sedangkan UV-C atau gelombang pendek memiliki panjang gelombang antara 280 – 100 nm yang efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri (Seran, dkk., 2018).

Sifat sinar ultraviolet yaitu memiliki daya tembus yang sangat kecil, selapis kaca yang tipis sudah mampu menahan sebagian besar sinar ultraviolet. Oleh karena itu, sinar ultraviolet hanya dapat efektif mengendalikan mikroorganisme pada permukaan yang terpapar langsung oleh sinar ultraviolet (Ariyadi dan Dewi, 2009).

b. Mekanisme sinar ultraviolet terhadap bakteri

Sinar ultraviolet (UV) mempengaruhi fungsi inti sel mikroorganisme. Sinar UV-C memiliki efek mematikan pada sel yang terpapar langsung oleh sinar UV dengan panjang gelombang antara 280 – 100 nm. Komponen sel yang dapat menyerap sinar ultraviolet adalah asam nukleat, dan tempat utama yang mengalami kerusakan adalah DNA (Cappucino dan Sherman, 2013).

DNA merupakan makromolekul polinukleotida yang tersusun atas polimer nukleotida yang berulang-ulang, tersusun rangkap, membentuk DNA heliks ganda. Setiap nukleotida tersusun dari gula deoksiribosa, basa nitrogen dan gugus fosfat. Pada basa nitrogen terdiri atas purin yaitu adenin dan guanin, dan pirimidin yaitu timin dan sitosin. Pirimidin merupakan senyawa yang paling banyak menyerap panjang gelombang ultraviolet, maka efek yang ditimbulkan oleh radiasi UV yaitu dimerisasi timin.

Dimerisasi timin merupakan ikatan kovalen antara dua molekul timin yang bersebelahan pada satu untai asam nukleat dalam DNA. Pembentukan dimer dapat merusak konfigurasi molekul DNA dan kerusakan ini akan mengganggu replikasi dan transkripsi DNA selama penyinaran (Cappucino dan Sherman, 2013). Orang yang bekerja dengan atau di dekat sinar ultraviolet harus menggunakan peralatan untuk melindungi kornea dari iritasi atau kerusakan yang mungkin bersifat permanen, misalnya kerusakan pada keturunan (mutasi gen). Faktor keberhasilan dari radiasi sinar ultraviolet terhadap penurunan jumlah bakteri udara yaitu aliran udara, kelembaban, jarak antara sumber cahaya dengan bahan yang disterilkan dan lamanya waktu sterilisasi (Lomrah, 2017).

7. Efektivitas sinar ultraviolet

a. Pencahayaan

Pengukuran cahaya (*photometric quantity*) adalah pengukuran terhadap parameter cahaya. Terdapat 5 istilah pencahayaan yaitu:

1) Jumlah cahaya (*luminous energy*)

Jumlah cahaya (Q) adalah energi cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Sumber cahaya dapat berupa cahaya alami maupun cahaya buatan

2) Arus cahaya (*luminous flux*)

Arus cahaya adalah jumlah cahaya per satuan waktu. Arus cahaya memancar ke segala arah dari sumber cahaya, seperti dari suatu titik tengah bola ke seluruh bidang permukaan bola.

3) Intensitas cahaya (*luminous intensity*)

Intensitas cahaya adalah arus cahaya yang dipancarkan per satuan sudut ruang

4) Kuat penerangan (*Illuminance*)

Kuat penerangan (E) merupakan arus cahaya yang diterima bidang, sehingga permukaan menjadi terang. Terdapat kaitan antara intensitas cahaya dan jarak sumber cahaya terhadap kuat penerangan yang terukur (R).

5) Luminansi (*Luminance*)

Luminansi (B) adalah kuat penerangan yang dipancarkan, dipantulkan atau diteruskan oleh bidang permukaan.

Tabel 2. Satuan Pengukuran Cahaya

Pengukuran Cahaya		Satuan	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
Jumlah cahaya	Q	Lumen second	Lm sc
Arus cahaya	ϕ	Lumen	Lm
Intensitas cahaya	I	Candela	Cd
Kuat penerangan	E	Lux	Lx

Sumber: Latifah, 2015

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1335/MENKES/SK/X/2002, pengukuran pencahayaan dapat dilakukan dengan menentukan jumlah titik pengukuran. Jumlah titik pengukuran minimal 10% dari jumlah

masing-masing ruangan. Pengukuran dilakukan sampai menunjukkan angka yang stabil. Pembacaan alat dilakukan secara langsung.

Luxmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat penerangan disuatu tempat. Kuat penerangan disuatu tempat perlu diketahui karena pada dasarnya manusia membutuhkan penerangan yang cukup. Kuat penerangan dapat ditentukan dengan sebuah sensor yang cukup peka dan linier

terhadap cahaya. Semakin jauh jarak antara sumber cahaya ke sensor maka akan semakin kecil nilai yang ditunjukkan luxmeter. Alat ini menampilkan hasil pengukuran dalam format digital yang terdiri dari angka dan sensor. Sensor ditempatkan pada sumber cahaya yang akan diukur intensitasnya (Mayanti, 2017).



Gambar 1. Luxmeter
Sumber: Parera, dkk., 2018

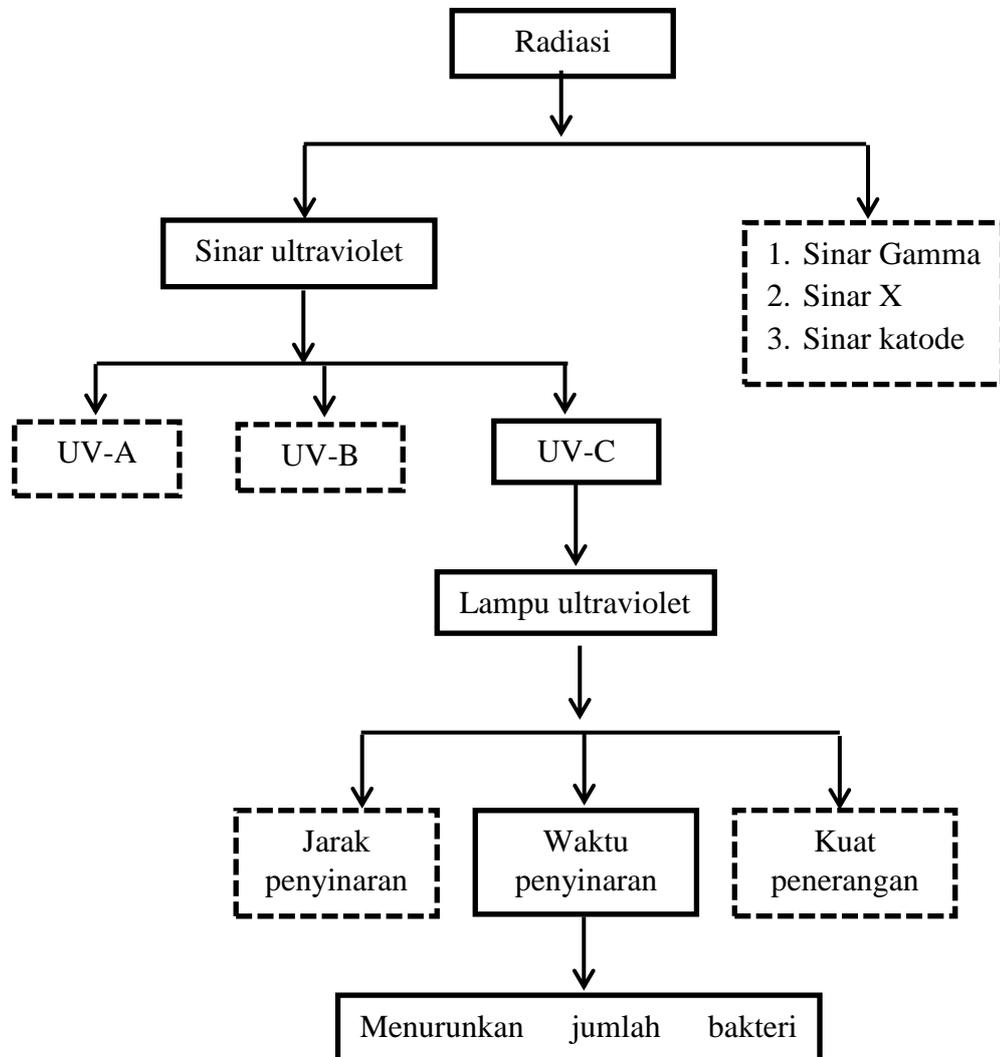
b. Waktu penyinaran

Faktor keberhasilan dari radiasi sinar ultraviolet terhadap penurunan jumlah bakteri udara yaitu aliran udara, kelembaban, jarak antara sumber cahaya dengan bahan yang disterilkan dan lamanya waktu sterilisasi (Lomrah, 2017).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ryani (2014) menunjukkan hasil bahwa efektivitas radiasi sinar UV-C dalam mengurangi jumlah bakteri adalah lebih dari 99% dalam 15 menit dengan menggunakan lampu UV 38 watt. Semakin tinggi daya lampu yang digunakan maka semakin banyak penurunan jumlah bakteri udara dalam ruangan. Semakin tinggi daya dan lama kontak dengan bahan maka jumlah

radiasi yang dihasilkan juga semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. Apabila jumlah radiasi yang diberikan rendah maka akan menyebabkan sel lebih cepat memperbaiki kerusakan yang telah dirusak oleh sinar UV sehingga jumlah bakteri udara dalam ruangan semakin tinggi (Bachman, 1995 dalam Arinda, dkk., 2015).

B. Kerangka Teori



Gambar 2. Kerangka Teori

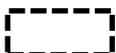
Sumber : Cappucino dan Sherman, 2013

Keterangan :

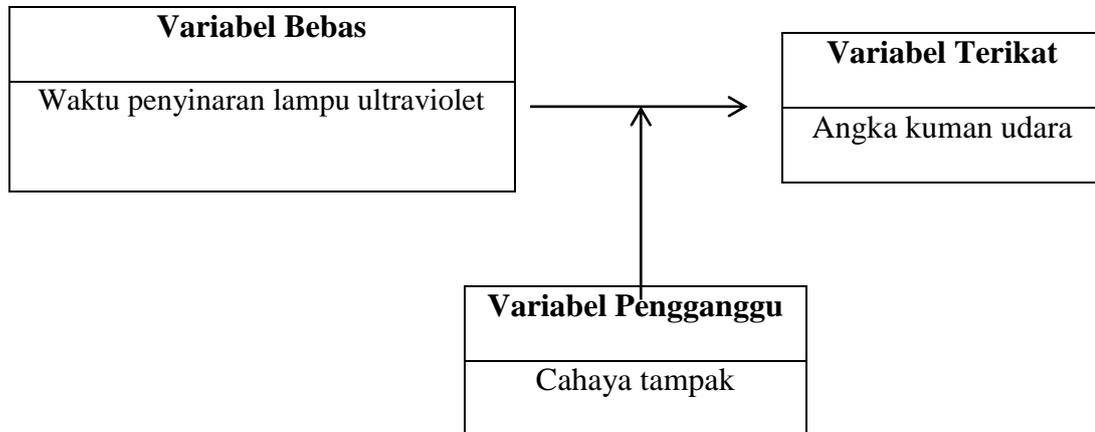
Diteliti



Tidak diteliti



C. Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka Konsep

D. Hipotesis

Ada pengaruh lama penyinaran lampu ultraviolet terhadap penurunan jumlah bakteri udara di Laboratorium Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.