

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Telaah Pustaka**

##### **1. Mikroorganisme di Udara**

Udara merupakan salah satu kebutuhan yang paling utama untuk mempertahankan kehidupan dari setiap makhluk hidup. Metabolisme dalam tubuh makhluk hidup tidak mungkin dapat berlangsung tanpa oksigen yang berasal dari udara. Permasalahan yang dapat mengganggu kualitas udara sekitar dapat diakibatkan karena beberapa hal seperti kurangnya ventilasi udara, debu, kondisi perlengkapan yang berada didalam bangunan, kondisi bangunan dan makhluk hidup. Komponen yang berasal dari makhluk hidup bisa dari aktivitas manusia, hewan, tumbuhan dan mikroorganisme. Mikroorganisme terdapat dimana-mana seperti tanah, debu, udara dan air. Ukuran sel mikroorganisme yang sedemikian kecil dan ringan menyebabkan mudahnya terhembuskan oleh aliran udara (Walid, dkk. 2019)

Kelompok mikroorganisme yang paling banyak tersebar di udara bebas adalah bakteri, jamur (termasuk di dalamnya ragi) dan juga mikroalga. Belum ada mikroorganisme yang habitat aslinya di udara. Mereka terdapat dalam jumlah yang relatif kecil bila dibandingkan dengan di air atau di tanah. Mikroorganisme udara dapat dipelajari dalam dua bagian, yaitu mikroorganisme udara di luar ruangan dan

mikroorganisme udara di dalam ruangan. Mikroorganisme paling banyak ditemukan di dalam ruangan (Waluyo, 2010).

## 2. Jamur/Fungi

Udara ditempat terbuka banyak mengandung spora yang mudah terbawa angin dari tempat satu ke tempat lain. Kondisi udara ditempat tertutup sebagian justru merisaukan, misalnya di rumah-rumah dan perkantoran. Jendela dan pintu merupakan jalan masuknya udara dari luar yang membawa partikel-partikel debu atau tanah halus yang mengandung spora atau konidia fungi. Apabila kondisi ruangan agak lembab maka pertumbuhan fungi akan meningkat. Di ruangan yang menggunakan *Air Conditioner* (AC) yang memiliki filter alat pendingin yang jarang dibersihkan merupakan sumber kontaminasi udara ruangan (Gandjar,dkk.2014)

Menurut Waluyo tahun 2013 menyebutkan bahwa kelompok mikroba yang paling banyak ditemukan sebagai jasad hidup yang tidak diharapkan kehadirannya diudara umumnya disebut jasad kontaminan. Jenis kapang dan khamir yang banyak hidup diudara diantaranya : *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Candida*, *Saccharomyces*, *Pecylomyces* dan sebagainya. Banyak dari jenis kontaminan udara yang bersifat termofilik yakni tahan pada pemanasan tinggi diatas 80°C. Ketahanan ini bila cendawan tersebut dalam bentuk spora. Hal ini terbukti walaupun suatu medium telah disterilkan, tetapi

didalamnya tumbuh dan berkembang pula bakteri atau jamur yang tidak diharapkan kehadirannya.

Kultivasi, pertumbuhan dan pengamatan fungi membutuhkan teknik yang berbeda dari bakteri. Kultivasi kapang membutuhkan teknik yang berbeda dari bakteri. Kultivasi fungi membutuhkan penggunaan media selektif seperti *Sabouraud Agar (SA)* atau *Potato Dextrose Agar (PDA)*. Media ini mendukung pertumbuhan fungi karena keasamannya yang rendah (pH 4,5 sampai 5,6) sehingga menghambat pertumbuhan bakteri yang membutuhkan lingkungan yang netral (pH 7,0). Selain itu, fungi tumbuh dengan kecepatan yang jauh lebih lambat dibandingkan bakteri. Fungi membutuhkan waktu berhari-hari hingga beberapa minggu sebelum koloni-koloni terlihat pada permukaan agar padat (Cappuccino dan Sherman, 2013).

### **3. Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur**

#### **a. Substrat**

Substrat merupakan sumber nutrisi utama bagi fungi. Nutrisi-nutrisi baru dapat dimanfaatkan sesudah fungi mengekskresi enzim-enzim ekstraseluler yang dapat mengurai senyawa-senyawa kompleks dari substrat tersebut menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana (Gandjar,dkk. 2014).

#### **b. Kelembapan**

Faktor kelembapan sangat penting bagi pertumbuhan fungi. Pada umumnya fungi tingkat rendah seperti *Rhizopus* dan *Mucor*

memerlukan lingkungan dengan kelembapan nisbi 90%, sedangkan fungi *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* dan banyak *hypomycetes* lainnya dapat hidup pada kelembapan nisbi yang lebih rendah yaitu 80%. Fungsi yang tergolong xerofilik tahan hidup pada kelembapan 70% (Gandjar,dkk. 2014).

c. Suhu

Suhu di dalam ruangan dalam rentang 18- 24°C adalah suhu optimal bagi pertumbuhan kebanyakan jamur, meskipun beberapa jenis jamur dapat hidup juga di rentang suhu yang luas. Sedikit jamur yang mempunyai temperatur optimal di atas 30° C yaitu *Aspergillus* sp. Jamur di dalam lingkungan tidak tumbuh jika suhu di atas 30°C. Spora jamur lebih tahan panas daripada miselia dan pada umumnya bertahan lebih lama pada suhu yang lebih luas rentangnya (Gutarowska dan Piotrowska,2007).

d. Derajat Keasaman

Dejarat keasaman sangat penting bagi pertumbuhan fungi, karena enzim-enzim tertentu hanya akan mengurangi suatu substrat sesuai dengan aktivitas pH tertentu. Umumnya fungi tumbuh pada pH dibawah 7. Jenis-jenis fungi tertentu bahkan tumbuh pada pH yang cukup rendah yaitu pH 4.5 - 5.5 (Gandjar,dkk. 2014).

#### 4. Sterilisasi

Sterilisasi adalah proses secara kimia atau fisika yang digunakan untuk membunuh semua bentuk kehidupan mikroorganisme dan menghilangkan pencemaran oleh jasad renik baik hidup ataupun mati. Tujuan utama pengendalian mikroorganisme antara lain mencegah penyebaran penyakit dan infeksi, membasmi mikroorganisme yang sering sebagai bakteri kontaminan, mencegah pembusukan dan perusakan bahan oleh mikroorganisme (Boleng,2015).

Metode sterilisasi dibagi menjadi dua, yaitu metode fisik dan metode kimia. Metode sterilisasi kimia dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Sedangkan metode sterilisasi fisik dapat dilakukan dengan cara panans, radiasi dan filtrasi.

##### a. Metode sterilisasi kimia

Metode sterilisasi kimia dilakukan untuk bahan-bahan yang akan rusak bila disterilkan pada suhu tinggi (misalnya bahan-bahan dari plastik). Kekuatan agen anti mikroba kimiawi diklasifikasikan atas dasar efisiensinya dalam membunuh mikroorganisme. Seluruh gremisida diklasifikasikan sebagai kategori tingkat tinggi karena efektif untuk seluruh bentuk kehidupan mikroba (Pratiwi, 2008).

Metode sterilisasi kimia dapat dilakukan dengan menggunakan gas (dengan cara fumigasi atau pengasapan). Beberapa bahan kimia yang dapat digunakan untuk sterilisasi gas adalah etilen oksida, gas formaldehid, asam parasetat dan glutaradehid alkalin. Sterilisasi

kimia juga dapat dilakukan dengan penggunaan cairan desinfektan berupa senyawa aldehyd, hipoklorit, fenolik dan alkohol (Pratiwi,2008).

b. Metode sterilisasi fisik

1) Sterilisasi panas

Metode sterilisasi ini digunakan untuk bahan yang tahan panas. Metode sterilisasi panas tanpa kelembaban disebut metode sterilisasi kering. Umumnya untuk bahan yang sensitif terhadap kelembaban digunakan metode sterilisasi panas kering pada temperatur 160-180°C, sedangkan untuk bahan yang resisten kelembaban digunakan metode sterilisasi basah pada temperatur 115-134°C. Macam-macam sterilisasi dengan pemanasan antara lain:

- a) Pemanasan dengan nyala api
- b) Pemanasan dengan udara panas (*Dry Heat Oven*)
- c) Merendam dalam air mendidih
- d) Sterilisasi dengan uap air (menggunakan *Autoclave*)
- e) Pemanasan dengan uap air yang mengalir
- f) Sterilisasi benda-benda yang tidak tahan suhu tinggi (Pasteurisasi, tyndalisasi)

2) Sterilisasi dengan penyaringan (filtrasi)

Sterilisasi dengan penyaringan digunakan untuk bahan yang sensitif terhadap panas misalnya enzim. Proses ini menggunakan

membran filter yang terbuat dari selulosa asetat. Jenis filter yang biasa digunakan pada metode ini adalah filter HEPA (*High Efficiency Partikulat Air*). Kerugian pada metode ini adalah harga yang mahal, filter yang mudah mampat dan tidak dapat digunakan untuk menyaring virus (Pratiwi,2008).

### 3) Sterilisasi dengan pengeringan

Pengeringan akan menyebabkan larutan disekeliling mikroba menjadi hipertonis, sehingga air keluar dari sel mikroba dan mikroba mati. Gangguan tekanan osmotik ini akan lebih bagus bila ditambahkan garam dan bumbu-bumbu seperti halnya pada pembuatan ikan asin. Cara ini bukanlah tindakan sterilisasi, melainkan pengawetan. Karena dengan pengeringan ini hanya menyebabkan berhentinya pertumbuhan dan perkembang biakan mikroba (Kuswiyanto, 2015)

### 4) Sterilisasi dengan pendinginan

Suhu terlalu rendah menyebabkan pertumbuhan dan perkembang biakan mikroba terhenti. Cara ini dipakai untuk mengawetkan bahan makanan yang mudah membusuk. Pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  mikroba tidak bisa merombak makanan sehingga tidak terjadi pembusukan (Kuswiyanto, 2015).

### 5) Sterilisasi dengan radiasi

Metode sterilisasi dengan radiasi dengan menggunakan sinar ultraviolet (UV) ataupun dengan metode ionisasi. Sinar UV ini

bereaksi dengan asam nukleat sel mikroorganisme dan menyebabkan ikatan antar molekul timin yang bersebelahan dan menyebabkan terbentuknya dimer timin. Dimer timin menyebabkan gagalnya replikasi DNA. Penggunaan sterilisasi dengan sinar UV untuk sterilisasi cabinet dan ruangan (Pratiwi,2008).

## **5. Pengendalian Mikroorganisme dengan Radiasi Ultraviolet**

Mikroorganisme dapat dikendalikan dengan cara dibasmi, dihambat atau ditiadakan dari suatu lingkungan emnggunakan berbagai proses atau sarana fisik (Pleczar dan Chan, 2013).

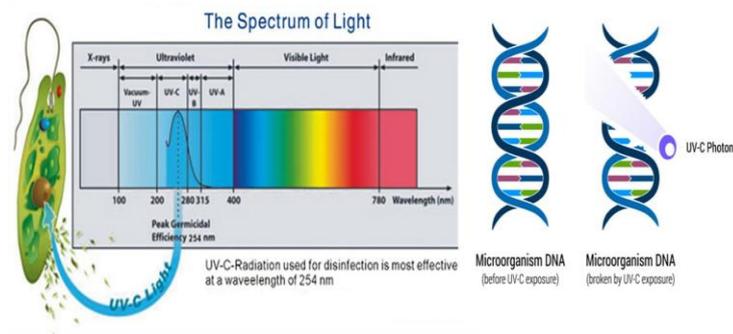
Pada pengendalian mikroorganisme, metode yang umum dilakukan mencakup pemakaian agen-agen kimia dan fisika yang memberikan efek merugikan pada struktur dan fungsi mikroba sehingga menghasilkan efek mikrobisida atau mikrobistatik. Efek mikrobisida merupakan efek yang membunuh mikroba dengan segera, sedangkan efek mikrobistatik yaitu menghambat kapasitas reproduktif sel dan mempertahankan populasi mikroba dalam jumlah yang konstan. Agen-agen fisika dan kimia memiliki mekanisme kerja pengendalian mikrooragnisme yang berbeda-beda meskipun semuanya menghasilkan efek kerusakan terhadap beberapa struktur atau molekul seluler esensial dengan menyebabkan kematian sel atau menghambat pertumbuhan sel. daerah kerusakan diantaranya menyebabkan malfungsi dinding sel,

membrane sel, sitoplasma, enzim tau asam-asam nukleat (Cappucino dan Sherman,2013)

Beberapa bentuk radiasi elektromagnetik dapat menimbulkan efek letal pada sel sehingga dapat digunakan dalam pengendalian mikroba. Radiasi elektromagnetik yang memiliki gelombang pendek yaitu 300 nm atau yang lebih rendah dapat menghasilkan efek mikrobisida. Radiasi-radiasi tersebut meliputi sinar *ultraviolet* (UV), sinar gamma, sinar-X. Sedangkan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang diatas 300 nm tidak memiliki energi yang cukup untuk menghancurkan sel(Cappucino dan Sherman,2013).

Sinar ultraviolet (UV) merupakan salah satu sinar dengan daya radiasi yang dapat bersifat letal bagi mikroorganismenya. Sinar ultraviolet mempunyai panjang gelombang mulai 4 nm hingga 400 nm dengan efisiensi tertinggi untuk pengendalian mikroorganismenya pada 365 nm. Sinar ultraviolet memiliki efek letal terhadap sel-sel mikroorganismenya, maka sinar ultra violet sering digunakan di tempat-tempat yang menuntut kondisi aseptik seperti ruang operasi, laboratorium, ruang produksi industri makanan dan minuman, serta farmasi. Salah satu sifat sinar ultraviolet adalah daya penetrasi yang sangat rendah, selapis kaca yang tipis pun sudah mampu menahan sebagian besar sinar ultraviolet. Oleh karena itu sinar ultra violet hanya dapat efektif mengendalikan mikroorganismenya pada permukaan yang terpapar langsung oleh sinar ultraviolet (Ariyadi & Dewi, 2009).

Radiasi ultraviolet merupakan suatu sumber energi yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganisme dan mengubah komposisi asam nukleatnya. Absorpsi ultraviolet oleh DNA atau RNA pada beberapa mikroorganisme dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin. Sel yang tidak mampu melakukan replikasi akan kehilangan sifat patogenitasnya. Radiasi ultraviolet yang diabsorpsi oleh protein pada membran sel akan menyebabkan kerusakan membran sel dan kematian sel.



Gambar 1. Mekanisme Kerja Sinar UV terhadap DNA

Sumber: Alcamo, 2004

Sinar ultraviolet bisa terdapat dari sinar matahari, tetapi hanya memiliki panjang gelombang pendek dan sebagian panjang gelombang tersebut tersaring oleh atmosfer bumi dan polutan atmosfer. Sehingga, sinar matahari pada keadaan tertentu memiliki kapasitas mikrobisidal namun terbatas (Pleczar dan Chan, 2013).

Mekanisme kerja sinar ultra violet adalah absorpsi oleh asam nukleat tanpa menyebabkan kerusakan pada permukaan sel, energi yang diabsorpsi ini akan menyebabkan terjadinya ikatan antara molekul-molekul timin yang bersebelahan dan menyebabkan terbentuknya dimer timin sehingga fungsi dari asam nukleat terganggu dan mengakibatkan kematian bakteri (Ariyadi & Dewi , 2009).

Sinar UV sangat berpengaruh terhadap perkembangan suatu sel. Sel merupakan makhluk hidup terkecil yang dapat mati akibat radiasi. Tanggapan sel atau jaringan terhadap radiasi berbeda-beda, baik yang berkaitan perubahan derajat ketahanan hidup, mutasi ataupun karsinogem (Soedjono,2013).

## 6. Pengambilan Sampel

Sampling mikrobiologis udara dapat diperoleh dengan menggunakan metode *setting plates* (perletakkan lempeng agar) dan metode mekanik *volumetric air sampling*.

### a. Metode *settling plates* (peletakan lempeng agar)

Prinsip metode ini pada peletakkan lempeng agar dalam petri diameter 100 mm yang terbuka pada titik sampling yang telah ditentukan. Cawan petri akan menampung pengendapan partikel mikroba udara sekitar 1 m<sup>3</sup> selama terpapar 15 menit, menggunakan media sampling sesuai dengan kebutuhan. Metode ini mudah dan tidak mahal tapi hasilnya tidak betul – betul kuantitatif serta tingkat

kesalahannya yang tinggi, sehingga metode ini sudah tidak direkomendasikan kembali (Berliana, 2016).

b. Metode *volumetric air sampling*

Merupakan metode kuantitatif yang lebih tepat, karena partikel udara yang lebih kecil (3mm) dengan kondisi kelembaban udara akan tetap tersuspensi di udara, tidak turun mengendap di permukaan suatu lempeng agar tetapi dengan metode *high-velocity-volumetric air sampling*, partikel kecil di udara dapat ditarik dengan kecepatan tinggi ke dalam saluran alat menggunakan suatu pompa (*vacuum pump*). Selain itu keuntungan pada partikel ukuran besar yang umumnya di udara rumah sakit, Rata-rata 10-15 mm, dapat ditarik masuk ke dalam media cair (*collection fluid*) dan terjadi gelembung-gelembung udara yang dapat memecahkan partikel besar sehingga semua kandungan sel-sel mikroba yang hidup akan terpecahkan dan merata menempa, menempel pada permukaan lempeng agar yang mengandung nutrisi (*brain heart infusion agar* atau *trypticase soy agar* atau *Mueller hinton agar* dan *saboroud glucose agar*), sehingga merefleksikan jumlah total mikroba didalam udara per satuan m<sup>3</sup>. Kecepatan aliran udara harus dikalibrasi dengan tepat untuk menjamin hasil yang akurat (KEMENKES, 2002)

**7. Angka Kapang/ Khamir (AKK)**

Angka Kapang/Khamir adalah jumlah koloni kapang dan khamir yang tumbuh dari cuplikan yang diinokulasikan pada media

yang sesuai setelah inkubasi selama 3-5 hari dalam suhu 20-25°C . Tujuan dilakukannya uji AKK adalah memberikan jaminan bahwa sediaan obat tradisional tidak mengandung cemaran fungi melebihi batas yang ditetapkan karena mempengaruhi stabilitas dan aflatoxin yang berbahaya bagi kesehatan. Prinsip uji AKK yaitu pertumbuhan kapang/khamir setelah cuplikan diinokulasikan pada media yang sesuai dan diinkubasi pada suhu 20-25°C dan diamati mulai hari ketiga sampai hari kelima. Media yang digunakan adalah *Saboraud Dextrose Agar (SDA)* atau *Potato Dextrose Agar (PDA)*. Setelah diinkubasi, kemudian dihitung koloni yang tumbuh dengan *colony counter* (Radji, 2010)

Koloni yang tumbuh pada media tidak selalu berasal dari 1 sel mikroba, karena beberapa mikroba ada yang cenderung mengelompok atau berantai. Suatu bakteri akan menghasilkan 1 koloni apabila ditumbuhkan pada media dan lingkungan yang sesuai. Istilah Coloni Forming Unit (CFU) digunakan untuk menghitung jumlah mikroba yang hodip dan meghasilkan 1 koloni. Lempeng agar yang paling baik digunakan dalam perhitungan yaitu lempeng yang mengandung 25 – 250 koloni (BPOM RI, 2006).

## **8. Perhitungan Angka Mikroorganisme**

Penentuan jumlah angka mikroorganisme sangat penting dilaksanakan untuk menetapkan keamanan suatu sediaan farmasi dan makanan. Berbagai metode telah dikembangkan untuk menghitung

jumlah mikroorganisme. Menurut Harmita dan Radji (2008) ada empat macam cara yang umum digunakan untuk memperkirakan besar populasi mikroorganisme, yaitu :

- a. Perhitungan langsung (*direct count*) dengan menghitung jumlah sel atau biomassa mikroorganisme dengan cara sel dihitung langsung dibawah mikroskop atau dengan penghitung partikel elektronik (*electronic particle counter*)
- b. Pengukuran langsung (*direct measurement*) yaitu perhitungan biomassa mikroorganisme dengan cara massa sel ditentukan dengan menimbang atau mengukur berat seluruh sel. Biomassa dapat dihubungkan dengan jumlah sel dengan membandingkannya pada kurva standar.
- c. Perhitungan tidak langsung (*indirect count*) yaitu perhitungan jumlah sel dengan cara mikroorganisme dalam sampel dikonsentrasikan dan ditanam pada media yang sesuai pertumbuhan mikroorganisme. Contohnya untuk pembentukan koloni dalam plate agar, digunakan untuk memperkirakan jumlah mikroorganisme yang terdapat di dalam sampel.
- d. Perkiraan tidak langsung (*indirect estimate*) yaitu perhitungan biomassa mikroorganisme dengan cara memperkirakan biomassa mikroorganisme dengan mengukur komponen biokimia sel mikroorganisme yang relative konstan, seperti protein, adenosine trifosfat (ATP), lippopolisakarida (LPS), murein dan klorofil.

Biomassa juga dapat diperkirakan secara tidak langsung dengan mengukur kekeruhan. Perkiraan tidak langsung biomassa mikroorganisme dapat dikorelasikan dengan jumlah sel dan membandingkannya dengan kurva standar.

## **9. Laboratorium Mikologi Jurusan Analis Kesehatan**

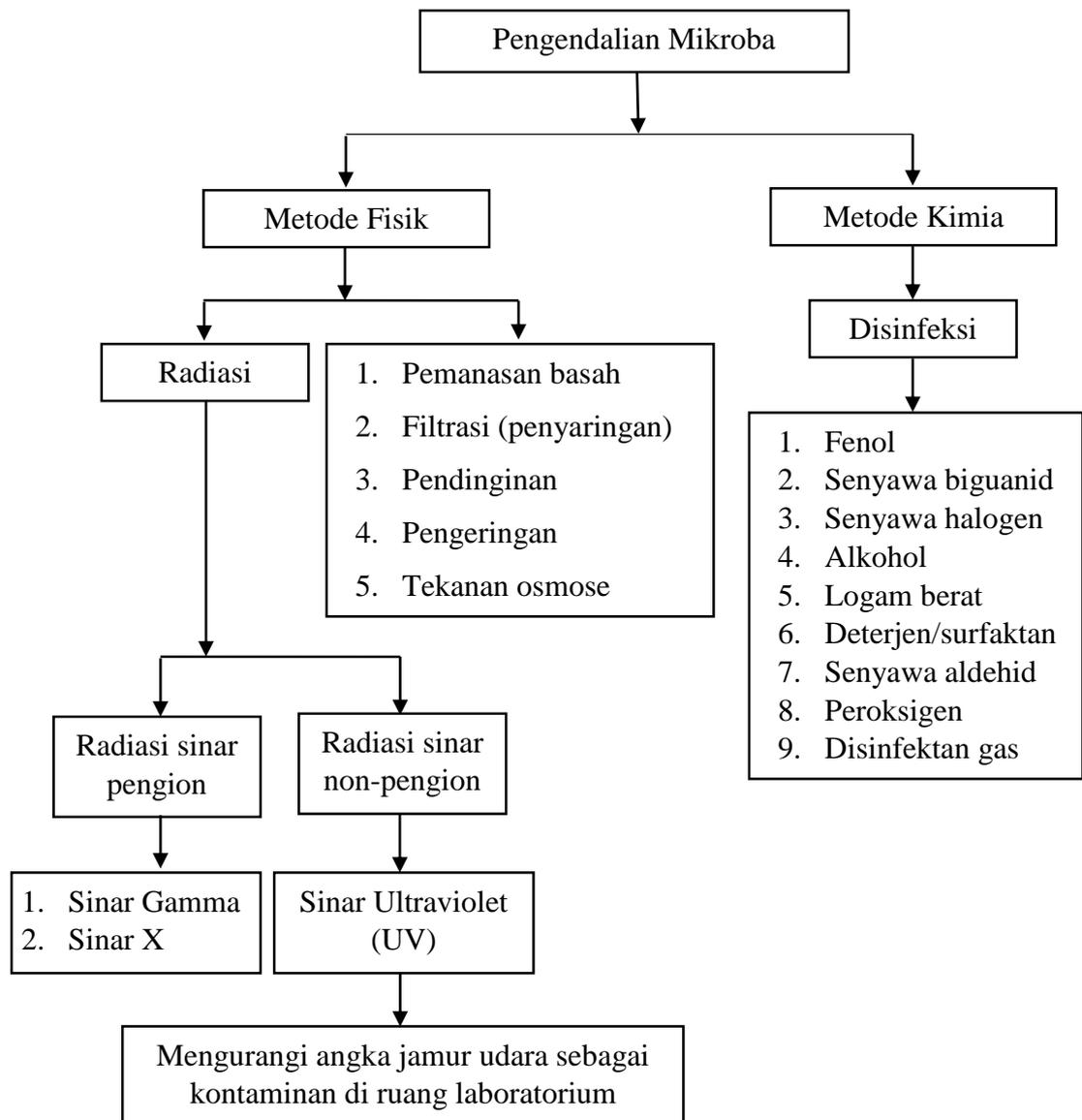
Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta memiliki sarana prasarana yang lengkap seperti ruang kuliah dan laboratorium. Laboratorium mikologi merupakan salah satu laboratorium di Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta. Laboratorium mikologi digunakan untuk pembelajaran praktikum mahasiswa dan juga digunakan sebagai tempat penelitian yang berkaitan dengan bidang mikologi.

Laboratorium mikologi terletak dibelakang laboratorium bakteriologi di kampus Jurusan Analis Kesehatan. Laboratorium mikologi memiliki 1 ruang berukuran 18 m x 5,1 m x 3,14 m bagian sisi selatan dan utara terdapat wastafel dan tempat untuk peletakan reagen siap pakai. Sedangkan pada sisi barat terdapat lemari penyimpanan alat-alat gelas dan reagen yang bias digunakan. Pemeriksaan jamur yang sering dilakukan seperti penanaman jamur pada media SDA (Sabouroud Dextrose Agar), identifikasi jenis jamur dan pengamatan jenis jamur.

Pengendalian mikroba pada ruangan laboratorium mikologi dilakukan dengan cara mengepel lantai dengan larutan yang

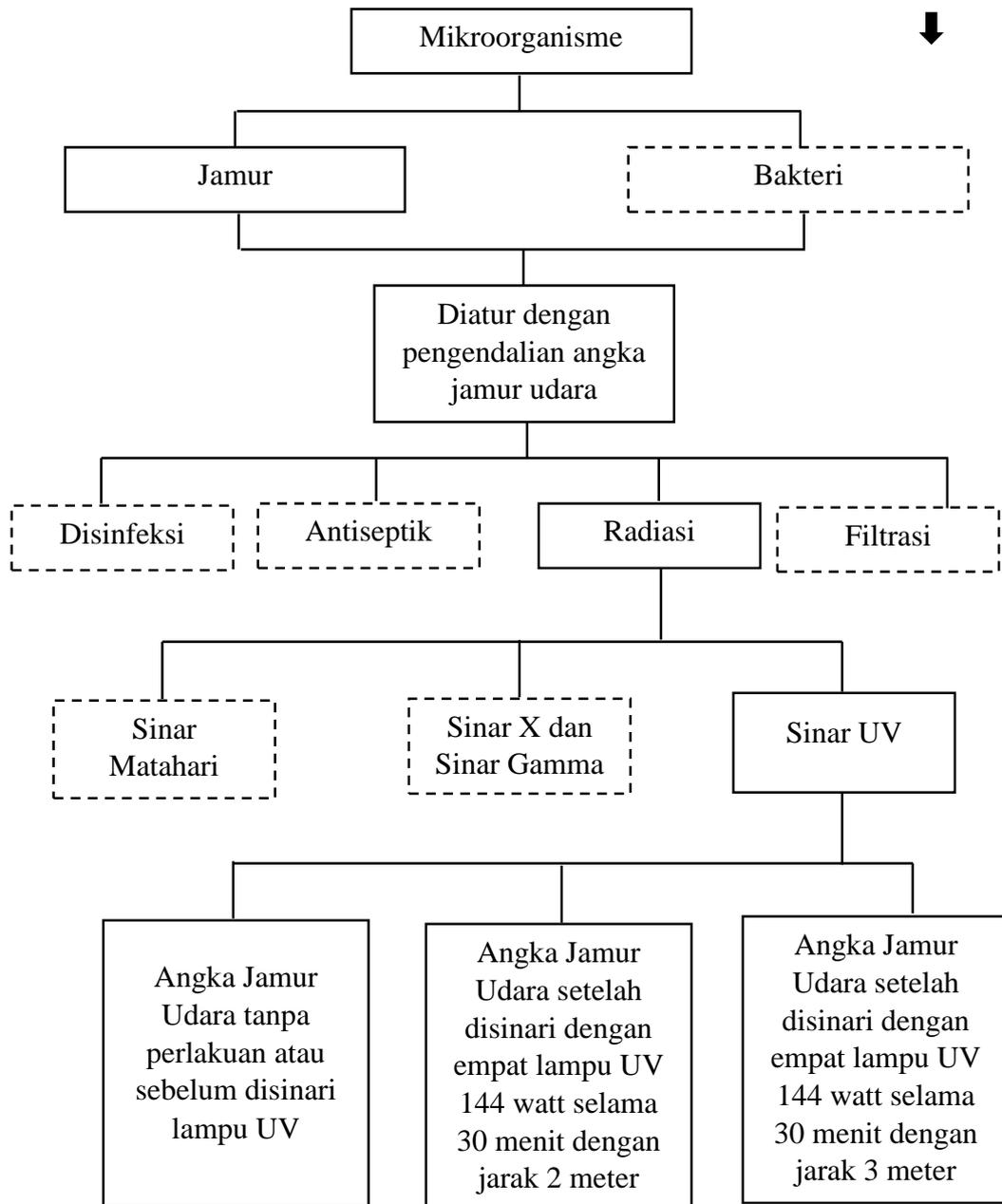
mengandung disinfektan, membersihkan meja setelah praktikum dan mencuci tangan dengan sabun. Pengendalian alat-alat kaca dilakukan dengan oven dan untuk alat-alat logam seperti ose dengan pemijaran pada api.

## B. Kerangka Teori



Gambar 2. Kerangka Teori

### C. Kerangka Konsep



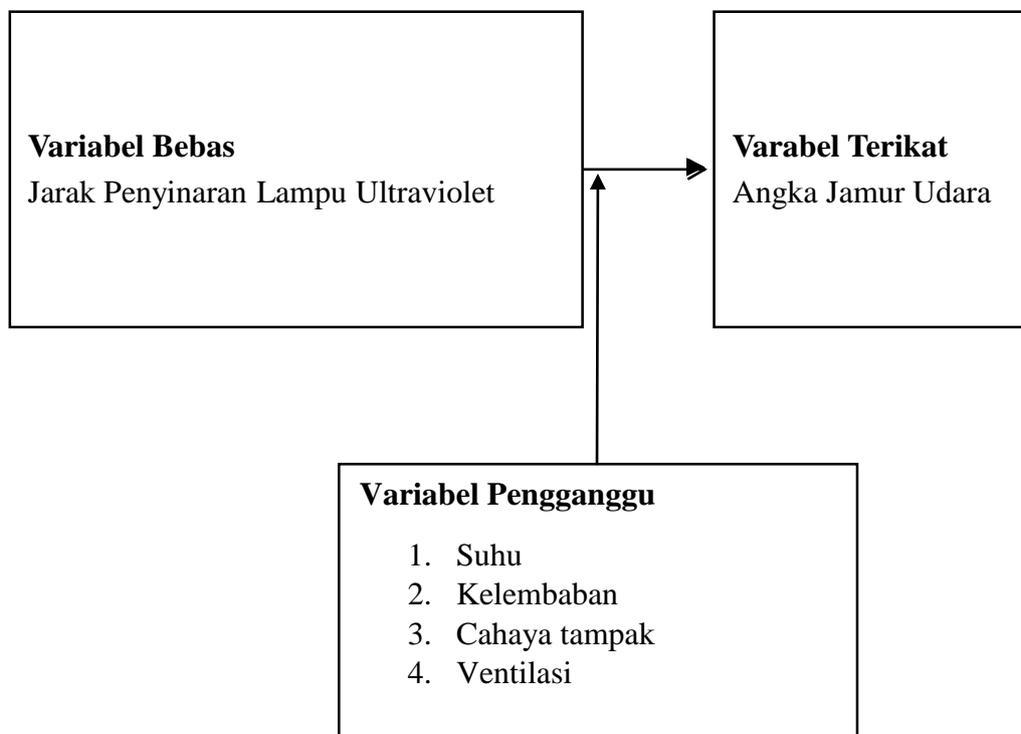
Gambar 3. Kerangka Konsep

Keterangan:

----- tidak diperiksa

\_\_\_\_\_ diperiksa

#### D. Hubungan Antar Variabel



Gambar 4. Hubungan Antar Variabel

#### E. Hipotesis

Ada perbedaan jumlah angka jamur sebelum dan sesudah penyinaran sinar ultraviolet 144 watt dengan jarak dua dan tiga meter selama 30 menit di Laboratorium Mikologi Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta