

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI, KERANGKA BERPIKIR DAN PENGAJUAN HIPOTESIS**

#### **A. Dasar Teori**

##### 1. Pencemaran Udara

###### a. Pengertian Umum

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 41 Tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara ambient oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambient turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambient tidak memenuhi fungsinya.<sup>12</sup> Baku mutu udara ambient adalah batas kadar yang diperbolehkan zat atau bahan pencemar terdapat di udara, namun tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuh-tumbuhan dan benda.<sup>13</sup>

Definisi yang lain tentang pencemaran udara menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI/Nomor 1407 tahun 2002 tentang Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara, pencemaran

---

<sup>12</sup> Muhammad Syahrul Ramadhan, *Hubungan Keberadaan Bakteriologis Udara terhadap Kondisi Ruangan di Ruang Kuliah Mahasiswa S1 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin*. (Makasar:Skripsi Universitas Hasanuddin, 2018), hal.10

<sup>13</sup> Srikandi Fardiaz, *Polusi Air dan Udara*. (Yogyakarta:Kanisius, 2006), hal. 16

udara adalah kegiatan manusia yang mengakibatkan masuknya komponen lain ke udara yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia. Bila keadaan seperti itu terjadi maka udara dikatakan tercemar.<sup>14</sup>

Menurut Chambers dan Masters, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material. Selain itu, pencemaran udara dapat pula dikatakan sebagai perubahan atmosfer karena masuknya bahan kontaminan buatan ke dalam atmosfer tersebut.<sup>15</sup>

Menurut Kumar, pencemaran udara adalah adanya bahan polutan di atmosfer yang dalam konsentrasi tertentu akan mengganggu keseimbangan dinamik atmosfer dan mempunyai efek pada manusia dan lingkungannya. Menurut Corman, pengertian pencemaran udara adalah terdapat bahan kontaminan di atmosfer karena ulah manusia.<sup>16</sup>

Pencemaran udara dibagi menjadi dua yaitu pencemaran udara luar

---

<sup>14</sup> Muhammad Syahrul Ramadhan, *Hubungan Keberadaan Bakteriologis.....*, hal. 10

<sup>15</sup> HJ Mukono, *Aspek Kesehatan Pencemaran Udara*, (Surabaya: Airlangga University Press, 2011), hal. 5

<sup>16</sup> HJ Mukono, *Aspek Kesehatan.....*, hal. 6

ruangan dan pencemaran udara dalam ruangan. Pencemaran udara dalam ruang tidak berhubungan langsung dengan kondisi emisi global namun berdampak untuk kesehatan seseorang. Pencemaran udara dalam ruangan adalah masuknya zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara pada ruangan. Komponen yang dimaksud di sini dapat berupa debu, asap dan paparan abu rokok. Pencemaran udara di negara maju meningkat terutama pencemaran udara dalam ruangan, karena sebagian besar aktivitas masyarakat dihabiskan di dalam ruangan baik ruangan kerja perkantoran maupun industri.

Dari pendapat beberapa ahli dapat disimpulkan bahwa pengertian pencemaran udara adalah masuknya zat-zat polutan seperti nitrogen oksida, karbon monoksida dan karbon dioksida ke dalam udara yang dapat mengganggu aktifitas biotik dan dapat merusak susunan abiotik.

#### b. Pencemaran Udara dalam Ruangan

Konsentrasi polutan di udara dapat bervariasi dari waktu ke waktu bahkan jika emisi konstan karena faktor meteorologi seperti kecepatan dan arah angin, turbulensi, dan ketinggian. Variasi juga dapat dipengaruhi kondisi topografi dan aktivitas sumber emisi itu sendiri. Selain itu, tingkat paparan polutan udara di luar ruangan akan bervariasi tergantung pada proporsi waktu yang dihabiskan di luar ruangan, dan kapasitas masing-masing polutan untuk memasuki lingkungan dalam ruangan. Sebagian besar orang menghabiskan banyak waktu mereka di

dalam ruangan, terutama di rumah, disamping itu waktu juga dihabiskan di tempat kerja, di sekolah dan dalam perjalanan.<sup>17</sup>

Konsentrasi polusi udara dalam ruangan mungkin lebih rendah atau lebih tinggi dibandingkan konsentrasi polusi udara di luar ruangan. Konsentrasi dapat lebih rendah jika polutan disaring ketika melewati sistem sirkulasi udara di dalam ruangan. Sebagai contoh partikulat tersuspensi, sebagian akan disaring ketika masuk ke dalam ruangan. Tingkat filtrasi tergantung pada ukuran partikel. Konsentrasi pencemaran udara dalam ruangan juga dapat berbeda dari pencemaran udara di luar, jika pencemar tersebut bereaksi dengan permukaan dalam ruangan.<sup>18</sup>

#### c. Sumber Pencemaran Udara

Tingkat polusi udara dalam ruangan dapat saja lebih tinggi dibandingkan di luar jika ada sumber polusi dalam ruangan. Sumber polusi utama dalam ruangan adalah peralatan pembakaran untuk memasak tanpa adanya ventilasi memadai. Sumber lain polusi udara dalam ruang yang telah diidentifikasi seperti debu bangunan, peluruhan asbes dari bahan bangunan, cat yang mengandung timbal, plavon dan partisi yang mengandung formaldehida, paparan asap rokok, hewan peliharaan, jamur dan tungau (*alergen*).<sup>19</sup>

Peningkatan kadar bahan polutan di dalam ruangan selain dapat berasal dari penetrasi polutan dari luar ruangan, dapat pula berasal dari

---

<sup>17</sup> Pitriana dan Herawanto, *Epidermologi Kesehatan Lingkungan* (Makasar: Nas Media Pustaka, 2019), hal. 99

<sup>18</sup> Pitriana dan Herawanto, *Epidermologi Kesehatan.....*, hal. 99

<sup>19</sup> Pitriana dan Herawanto, *Epidermologi Kesehatan.....*, hal. 100

sumber polutan di dalam ruangan, seperti asap rokok, asap yang berasal dari dapur, atau pemakaian obat anti nyamuk. Sumber lain dari bahan polutan di dalam ruangan adalah perlengkapan pekerja seperti pakaian, sepatu, ataupun perlengkapan lainnya yang dibawa masuk ke dalam ruangan. Penderita suatu penyakit tertentu yang memerlukan pengobatan dengan bahan radioaktif yang berupa iodine akan mencemari ruangan di dalam ruangan dengan bahan radioaktif tersebut.<sup>20</sup>

Secara alamiah kadar gas radon di dalam ruangan lebih besar daripada kadar di luar ruangan. Sumber gas radon adalah tanah atau lantai rumah dan bahan bangunan (batu, batu bata, atau beton). Kadar gas radon di dalam ruangan tergantung pada ventilasi dari ruangan tersebut. Bahan polutan lain yang kadarnya di dalam ruangan lebih besar daripada di luar ruangan adalah formaldehida. Bahan ini bersumber dari bahan kimia urea-formaldehid yang banyak dipakai pada peralatan perabot rumah tangga dan *wall paper*. Bahan partikel lain yang mungkin ada di dalam ruangan adalah partikel rokok, *aero allergen*, dan bahan alat kecantikan.<sup>21</sup>

Perbedaan bahan polutan di dalam dan di luar ruangan tergantung pada beberapa faktor seperti<sup>22</sup> :

- 1) Gaya hidup individu (*life style*)
- 2) Keadaan sosial ekonomi
- 3) Struktur gedung

---

<sup>20</sup> HJ Mukono, *Aspek Kesehatan Pencemaran.....*, hal. 36

<sup>21</sup> Pitriana dan Herawanto, *Epidermologi Kesehatan.....*, hal. 37

<sup>22</sup> Pitriana dan Herawanto, *Epidermologi Kesehatan.....*, hal. 38

- 4) Kondisi bahan polutan di dalam dan di luar ruangan
- 5) Ventilasi dan sistem pendingin ruangan (AC)
- 6) Geografi dan meteorologi
- 7) Lokasi sumber polutan di luar ruangan

Secara garis besar sumber pencemar udara dapat diartikan setiap kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Klasifikasi sumber pencemaran antara lain<sup>23</sup> :

- 1) Berdasarkan asal sumber pencemar udara

- a) Sumber alamiah

Sumber alamiah berasal dari fenomena alam yang terjadi seperti letusan gunung berapi. Pencemaran yang diakibatkan oleh gunung berapi bersifat racun karena mengandung gas belerang H<sub>2</sub>S dan partikel debu yang mengakibatkan gangguan kesehatan pada saluran pernafasan dan mata.

- b) Sumber antropogenik

Antropogenik adalah sumber pencemaran yang tidak alami timbul karena ada pengaruh atau campur tangan manusia atau aktivitas manusia. Bersumber dari segala macam kegiatan manusia yang menghasilkan emisi gas buang terutama akibat kegiatan transportasi, kebakaran hutan dan pembuangan gas industri. Emisi gas tersebut memiliki sifat racun yang berkaitan

---

<sup>23</sup> Rizka Tiara Vindrahapsari, *Kondisi Fisik dan Jumlah Bakteri Udara pada Ruangan AC dan Non AC di Sekolah Dasar*. (Semarang:Skripsi Universitas Muhammadiyah, 2016), hal. 8-12

dengan hemoglobin sehingga mengganggu peredaran darah dalam tubuh.

2) Berdasarkan letak :

a) Pencemaran udara dalam ruang

Pencemaran yang terjadi di dalam ruang yang dapat muncul akibat kegiatan manusia dalam ruangan antara lain :

- (1) Pencemaran akibat pemakaian mesin fotokopi, asap rokok, pestisida, bahan pembersih ruangan dan lain-lain.
- (2) Pencemaran akibat bahan bangunan seperti formaldehid, lem, asbes, *fiber glas* dan lain-lain.
- (3) Pencemaran akibat mikroba berupa bakteri, protozoa dan produk mikroba lainnya.
- (4) Pencemaran di luar ruang yang masuk ke dalam ruangan meliputi masuknya gas buangan kendaraan bermotor, gas dari cerobong asap atau dapur yang terletak di dekat gedung, dimana kesemuanya dapat terjadi akibat penempatan lokasi lubang udara yang tidak tepat.
- (5) Gangguan ventilasi udara yang berupa kurangnya udara segar dalam ruangan, pertukaran udara yang buruk dan kurangnya perawatan sistem ventilasi.

b) Pencemar udara di luar ruangan

Pencemaran yang terjadi di luar ruangan, cenderung akibat kegiatan di luar ruangan seperti kegiatan transportasi, gas dari cerobong asap.

## 3) Berdasarkan pergerakan

## a) Sumber bergerak

Sumber bergerak pencemar udara seperti emisi kendaraan bermotor yang mengandung zat timbal yang tinggi, oksida, nitrogen, hidrokarbon dan karbon monoksida.

## b) Sumber tidak bergerak

Sumber tidak bergerak pencemar udara seperti pabrik dan tempat pembakaran sampah yang menghasilkan banyak debu.

## 4) Berdasarkan bentuk fisik pencemar dan susunan kimianya.

## a) Gas

Pencemaran udara dalam bentuk gas dapat berupa gas organik dan anorganik. Gas organik seperti hidrokarbon, benzen, etilen, alkohol, formaldehid. Gas organik berupa persenyawaan karbon dihasilkan dari pembakaran kendaraan bermotor, pembakaran mesin diesel dan pembakaran sampah, persenyawaan nitrogen, persenyawaan belerang, persenyawaan oksigen dan halogen.

## b) Partikulat

Polutan partikulat contohnya adalah *Total Suspended Particulate (TSP)* dan debu. Partikel berukuran lebih besar dari 0,0002 mikron, tetapi lebih kecil dari 500 mikron. Partikel di udara menyebabkan gangguan penglihatan dan pernafasan.

## 5) Berdasarkan pola emisinya

## a) Titik



Pola emisi bersumber dari 1 titik saja seperti cerobong asap, industri dan kegiatan rumah tangga.

b) Garis

Pola garis seperti pada jalan raya dengan volume kendaraan cukup tinggi seperti kendaraan bermotor dan kereta.

c) Area

Pola emisi area dapat bersumber dari pola titik dalam jumlah banyak pada satu batasan area.

6) Berdasarkan sifat polutan

a) Fisik

- Partikel

Partikel menyebabkan iritasi mukosa, bronkitis, menimbulkan fibrosis paru. Debu di udara bersumber dari debu vulkanik gunung meletus, debu kosmik yang berasal dari luar angkasa, serbuk tanaman dan badai pasir. Partikel di udara diklasifikasikan menjadi partikel padatan (aerosol padat) dan partikel cair (aerosol cair).

Partikel padat terdiri dari debu, fiber, fume dan asap.

(1) Debu

Ukuran debu 0,1-25 mikron. Debu berukuran kurang dari 5 mikron dapat masuk ke dalam paru-paru atau alveoli. Debu dihasilkan dari proses penghancuran, pengampelasan dan peledakan. Contoh debu antara lain debu silika, debu batubara, debu tepung dan lain-lain.

(2) Fiber

Fiber merupakan partikel berbentuk serat. Fiber berukuran antara 3-5 mikron. Fiber dibagi menjadi fiber organik maupun anorganik. Fiber organik contohnya kapas sedangkan fiber anorganik berupa silika dan asbestos.

(3) Fume

Fume terbentuk dari uap padatan yang mengkondensasi udara. Ukuran fume kurang dari 1 mikron. Sumber fume berasal dari kegiatan peleburan logam, pengelupasan dan pengecoran logam.

(4) *Smoke*

Smoke terdiri dari partikel yang berukuran kurang dari 0,1 mikron. *Smoke* terbentuk dari pembakaran yang tidak sempurna dari material mengandung karbon. Contoh *smoke* yaitu asap rokok dan emisi dari pemanas batubara.

Padatan cair (aerosol cair)

(1) Mist

Mist dihasilkan karena kondensasi uap menjadi cairan atau karena pemecahan cairan menjadi uap di udara karena penyemprotan dan atomisasi. Contohnya berasal dari penyemprotan minyak, *mist spray* cat dalam pengecatan.

(2) Fog

Fog memiliki ukuran lebih kecil daripada mist. Fog disebut juga dengan kabut yang berupa campuran butiran air di udara.

b) Kimia

(1) Karbon monoksida (CO)

Gas karbon monoksida adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau tetapi berdampak buruk bagi kehidupan karena mengandung racun. Karbon monoksida merupakan gas yang mampu mengkontaminasi darah dan menghambat asupan oksigen ke paru-paru. Karbon monoksida terbanyak bersumber dari proses pembakaran antara lain emisi gas buang kendaraan bermotor, asap industri dan pembakaran sampah.

(2) Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)

Menimbulkan gangguan konsentrasi, gangguan otot, gangguan jantung dan efek sistematis karena meracuni tubuh pada organ vital yang dapat mengakibatkan kematian.

(3) Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>)

Gas nitrogen oksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Nitrogen oksida terdiri dari gas nitrogen oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) berdampak pada organ paru-paru. Pada konsentrasi tinggi NO<sub>x</sub> mengganggu sistem saraf dan berdampak

kelumpuhan. Jumlah  $\text{NO}_x$  dipengaruhi kegiatan manusia seperti pembakaran minyak, emisi kendaraan bermotor, peleburan besi dan proses industri.

(4) Timbal (Pb)

Timbal adalah logam berat berwarna kelabu atau kebiruan. Fungsi timbal digunakan sebagai pelindung kabel, pembuatan baterai, panci pemanas. Sumber pencemar timbal terbanyak berasal dari asap kendaraan bermotor dan industri. Masuknya timbal dalam tubuh melalui pernafasan dan absorpsi kulit. Partikel timbal yang kecil dapat masuk ke paru-paru sedangkan yang berukuran besar mengendap di saluran nafas.

(5) *Volatile Organic Compound (VOC)*

Senyawa *Volatile organik compound* memiliki bau yang tajam berasal dari perabot-perabot rumah tangga. Sumber senyawa organik antara lain cat, pernis, pelarut.

(6) Formaldehid

Gas formaldehid tidak memiliki warna dan berbau sangat tajam. Pada konsentrasi rendah formaldehid menyebabkan iritasi mata, iritasi tenggorokan dan iritasi kulit sedangkan pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan gangguan pencernaan yang dapat berakibat kematian. Peralatan dalam rumah tangga yang mengandung formalin salah satunya

yaitu pengharum ruangan, pembasmi serangga, dan pelapis kayu.

c) Biologi

- Mikroorganisme

Mikroorganisme merupakan jasad renik berukuran kecil sebagai uniseluler maupun multi seluler. Mikroorganisme terdiri dari beberapa golongan antara lain bakteri, virus, jamur dan parasit. Mikroorganisme di udara berperan penting dalam pencemaran udara. Dampak yang diakibatkan oleh mikroorganisme antara lain iritasi mata, iritasi kulit dan gangguan saluran pernapasan.

2. Mikroorganisme

a. Pengertian Mikroorganisme

Jasad hidup yang ukurannya kecil sering disebut mikroba atau mikroorganisme atau jasad renik. Mikroorganisme memiliki ukuran tubuh yang kecil, sehingga sukar dilihat dengan mata biasa. Mata biasa tidak bisa melihat dengan ukuran kurang dari 0,1 mm. Ukuran mikroorganisme biasanya dinyatakan dengan mikron ( $\mu$ ), 1 mikron adalah 0,001 mm. Sel mikroorganisme umumnya hanya dapat dilihat dengan alat pembesar atau mikroskop.

Mikroorganisme adalah organisme berukuran mikroskopis yang antara lain terdiri dari bakteri, fungi dan virus. Mikroorganisme terdapat

didalam tanah, air, udara maupun pada makhluk hidup termasuk pada jaringan tubuh kita sendiri (kulit dan selaput lendir).<sup>24</sup>

Udara bukan merupakan habitat asli dari bakteri, tetapi udara di sekitar kita mengandung bermacam-macam bakteri dalam jumlah yang beragam. Bakteri tersebut bisa berasal dari aktivitas manusia seperti batuk, bersin, paparan asap rokok dan aktivitas lain yang menyebabkan polusi.

b. Bakteri pada Udara

Bakteri adalah makhluk hidup yang bersifat *unisel* (bersel tunggal) tapi memiliki beragam bentuk dan ukuran. Bakteri berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel. Habitat bakteri tersebar luas di alam, di dalam tanah, di atmosfer dan di air. Bakteri bersifat bebas, parasitik, saprofitik, patogen terhadap makhluk hidup khususnya manusia. Sekitar 50% spesies bakteri bersifat patogenik (menimbulkan penyakit). Ada pula bakteri yang hidup dalam tubuh tanpa menimbulkan kerugian. Bakteri ini menimbulkan flora normal. Beberapa bakteri ada yang menguntungkan bagi makhluk hidup dengan menekan mikroorganisme yang dapat menimbulkan potensi bahaya. Akan tetapi apabila mendapat akses ke lokasi anatomis yang berbeda, bakteri dapat menyebabkan infeksi. Susunan kimia dalam bakteri ialah 85% air, zat hidrat arang, protein, lemak, garam (Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, P, dan sebagainya), enzim, dan vitamin.

---

<sup>24</sup> Rizka Tiara, *Kondisi Fisik.....*, hal. 15

Bakteri dapat diklasifikasikan berdasarkan deskripsi sifat morfologi dan fisiologi. Berdasarkan morfologinya bakteri termasuk dalam golongan prokariotik. Bakteri merupakan organisme yang sangat kecil rata-rata lebarnya berukuran 0,5-1 mikron dan panjang 1-10 mikron. Bakteri ini sangat tipis sehingga tembus cahaya, akibatnya pada mikroskop sulit untuk melihatnya, sehingga perlu dilakukan pewarnaan. Sedangkan untuk klasifikasi dibedakan berdasarkan bentuk bakteri yaitu, berbentuk bola (kokus), berbentuk batang (basil), dan berbentuk melilit (spiral). Udara pada dasarnya bukan tempat pertumbuhan dan reproduksi bakteri karena komposisi udara yang tidak sesuai. Di udara terbuka, kebanyakan bakteri berasal dari tanah. Bakteri pada udara kemungkinan terbawa oleh debu, uap air, angin dan penghuni ruangan. Bakteri di udara biasanya menempel pada permukaan tanah, lantai, ruangan, perabot ruangan maupun penghuni ruangan. Bakteri tersebut sebagian besar adalah saprofit dan bersifat non patogenik, tetapi dengan bertambahnya bakteri non patogenik dalam jumlah yang relatif besar dapat berpotensi sama seperti bakteri patogenik. Droplet dapat mempengaruhi jumlah bakteri pada udara.

Bakteri disebarkan oleh droplet yang dikeluarkan melalui hidung atau mulut selama batuk, bersin, dan bicara. Droplet dalam ukuran kecil tetap tersuspensi di udara untuk periode waktu yang lama, sedangkan yang lebih besar jatuh dengan cepat sebagai debu. Selama ada aktivitas dalam ruangan, debu kembali melayang-layang sebagai akibat adanya

gerakan udara. Menurut Burge terdapat tipe dari beberapa bakteri yang banyak ditemukan di dalam ruang, antara lain :<sup>25</sup>

a. *Micrococcus sp*

*Micrococcus sp* telah diisolasi dari kulit manusia, produk hewani dan susu. Banyak ditemukan di lingkungan, termasuk air, debu, dan tanah. *Micrococcus* pada kulit manusia mengubah senyawa dalam keringat menjadi senyawa dengan bau yang tidak menyenangkan. Bakteri ini ditemukan pada area dengan okupansi tinggi atau pada area dengan ventilasi yang tidak baik. *Micrococcus* adalah jenis bakteri yang tidak berbahaya. Dalam keadaan normal, bakteri ini dapat dibasmi dengan sistem ventilasi yang baik dan proses pembersihan dengan penyedot debu atau sejenisnya.

b. *Bacillus sp*

Bakteri yang tidak berbahaya ini umumnya diasosiasikan dengan tanah dan debu. Keadaan temperatur dan kadar air yang tepat pada permukaan yang berdebu dan keras adalah media yang baik bagi pertumbuhan bakteri ini.

c. *Staphylococcus sp*

*Staphylococcus* juga terdapat pada permukaan kulit tubuh manusia. Diantara spesies *Staphylococcus* yang paling umum terdapat di dalam ruang adalah *Staphylococcus aureus*, yaitu

---

<sup>25</sup> Muhammad Syahrul Ramadhan, *Hubungan Keberadaan Bakteriologis.....*, hal. 19



patogen yang penting dalam lingkungan rumah sakit, karena mempunyai kemampuan memecah sel darah merah.

d. Batang gram-positif

Batang gram-positif merupakan tipe bakteri yang juga diasosiasikan dengan tanah dan debu. Meskipun tergolong jenis patogen yang tidak berbahaya, bakteri ini tumbuh di area yang basah dan lembab seperti pada karpet, dinding, dan perabot. Bakteri ini dapat dihilangkan dengan cara pembersihan dan sistem ventilasi yang memadai.

e. Batang gram-negatif

Organisme ini jarang ditemui di lingkungan dalam ruang. Bila ditemukan dalam konsentrasi yang tinggi, berarti ada keterkaitan dengan bioaerosol dari air yang terkontaminasi atau sumber-sumber kontaminan lainnya, seperti permukaan yang basah dan lembab, tumpahan air pembuangan, banjir, atau dari sistem *Air Handling Unit* (AHU) yang meningkat. AHU adalah alat untuk mengatur dan mengedarkan udara sebagai bagian dari sistem pemanas, ventilasi dan pendingin udara. Beberapa bakteri gram-negatif dapat menyebabkan demam. Terkadang pertumbuhan bakteri ini pada AHU dapat memicu terjadinya gejala-gejala seperti pneumonia akut. Pembersihan dengan menggunakan desinfektan merupakan cara yang paling mudah untuk membunuh bakteri jenis ini.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Muhammad Syahrul Ramadhan, *Hubungan Keberadaan Bakteriologis.....*, hal. 15-21

c. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri

1) Nutrien

Bakteri membutuhkan nutrien untuk kehidupan dan pertumbuhannya. Nutrien dibutuhkan bakteri sebagai sumber karbon, sumber nitrogen, sumber energi dan faktor pertumbuhan. Nutrien yang diperlukan oleh mikroorganisme secara keseluruhan mengandung : sumber karbon (karbohidrat), sumber nitrogen (protein, amoniak), ion anorganik tertentu (Fe, K), metabolit penting (vitamin, asam amino), dan air.

Ketiadaan atau kekurangan sumber-sumber nutrisi ini dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian. Kondisi tidak bersih dan higienis pada lingkungan adalah kondisi yang menyediakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sehingga mikroba dapat tumbuh berkembang di lingkungan seperti ini.

Media pertumbuhan bakteri dapat ditambahkan beberapa nutrisi faktor pertumbuhan yang disesuaikan dengan kebutuhan bakteri. Media nutrient agar merupakan media berbentuk padat yang mengandung sumber nitrogen untuk perhitungan bakteri. Komposisi nutrient agar terdiri dari ekstrak daging sapi, pepton, NaCl, dan agar. Pada pembuatan media NA ini ditambahkan pepton agar mikroba agar cepat tumbuh, karena mengandung banyak  $N_2$  (gas nitrogen).<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Rizka Tiara, *Kondisi Fisik.....*, hal. 15

## 2) Suhu

Pada suhu rendah dibawah suhu minimum bakteri tidak dapat berkembang biak, bahkan ada yang tahan sampai bertahun-tahun pada suhu minus 70<sup>0</sup>C tetapi bakteri patogen pada manusia umumnya cepat mati pada suhu 0 derajat celcius. Pada suhu tinggi keberadaan bakteri lebih berbahaya, bila bakteri dipanaskan diatas suhu maksimum akan segera mati. Semua bakteri baik yang patogen atau tidak dalam bentuk vegetatifnya dalam 30 menit akan mati jika dipanaskan diatas suhu maksimum. Berdasarkan hal ini maka bakteri dibagi dalam 3 golongan, yaitu<sup>28</sup> :

**Tabel 2.1** Golongan Pertumbuhan Bakteri

Golongan	Suhu Pertumbuhan		
	Minimum	Optimum	Maksimum
<i>Psychrofil</i>	0 <sup>0</sup> C	10 <sup>0</sup> C-15 <sup>0</sup> C	30 <sup>0</sup> C
<i>Mesophil</i>	15 <sup>0</sup> C-25 <sup>0</sup> C	25 <sup>0</sup> C-37 <sup>0</sup> C	40 <sup>0</sup> C-55 <sup>0</sup> C
<i>Thermofil</i>	25 <sup>0</sup> C-45 <sup>0</sup> C	50 <sup>0</sup> C-60 <sup>0</sup> C	60 <sup>0</sup> C-90 <sup>0</sup> C

## 3) Tersedianya Oksigen

Konsentrasi oksigen yang tersedia mempengaruhi jenis dan pertumbuhan bakteri. Oksigen dibutuhkan bakteri untuk proses respirasi (untuk merubah makanannya menjadi energi). Bakteri diklasifikasikan berdasarkan kebutuhannya yaitu :

- a) Aerobik yaitu mikroorganisme yang memerlukan oksigen untuk hidupnya.

<sup>28</sup> Purwaning Budi Lestari dan Triasih Wahyu Hartati, *Mikrobiologi Berbasis Inkuiry*, (Malang:Gunung Samudera, 2017), hal. 16

- b) Anaerobik yaitu mikroorganisme yang tidak dapat hidup bila ada oksigen.
- c) Anaerob fakulatif yaitu mikroorganisme yang mampu tumbuh dalam lingkungan dengan ataupun tanpa oksigen.
- d) Mikroaerofil, yaitu mikroorganisme yang memerlukan oksigen namun hanya dapat tumbuh bila kadar oksigen diturunkan menjadi 15% atau kurang.

Oksigen merupakan zat yang berwujud gas. Sifat fisis dari gas salah satunya adalah gas selalu terdistribusi merata dalam ruang apapun bentuk ruangnya.

#### 4) Konsentrasi Ion Hidrogen (pH)

pH dibutuhkan bakteri untuk membantu metabolisme bakteri. Pada lingkungan pH yang sesuai, maka aktivitas enzim bakteri dapat secara optimal. Bakteri pada umumnya dapat tumbuh pada kisaran pH 3-6 unit. pH optimum pertumbuhan bakteri berkisar antara pH 6,5 - 7,5. Pada kondisi pH dibawah 5,0 dan melebihi 8,5 bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik. Berbagai macam sistem yang mencerminkan luas rentang pH diperlihatkan oleh berbagai bakteri, antara lain :

- a) Asidofil memiliki nilai rentang pH 6,5-7,0
- b) Mesofil memiliki nilai rentang pH 7,5-8,0
- c) Alkalofil memiliki nilai rentang pH 8,4-9,0. Bakteri fermentatif memperlihatkan rentang nilai pH yang lebih tinggi, karena produk fermentatif yang bersifat asam dan akumulasinya mengakibatkan gangguan keseimbangan pH dan pembatasan pertumbuhan.

Pengukuran pH secara kualitatif dapat menggunakan kertas lakmus. Kertas lakmus dapat dilihat untuk mengetahui kandungan suatu zat baik asam maupun basa berdasarkan perubahan warna pada indikator kertas lakmus. Warna biru pada kertas lakmus menunjukkan kondisi basa sedangkan warna merah menunjukkan kondisi asam.<sup>29</sup>

Alat lain yang bisa digunakan untuk mengukur pH secara lebih spesifik dan akurat adalah pH meter. pH meter adalah alat yang dapat mengukur tingkat pH larutan. Sistem pengukuran dalam pH meter menggunakan sistem pengukuran secara potensiometri. pH meter berisi elektroda kerja dan elektroda referensi. Perbedaan potensial antara dua elektroda tersebut sebagai fungsi dari pH dalam larutan yang diukur.<sup>30</sup>

##### 5) Pencahayaan

Cahaya dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Adanya sumber cahaya dalam ruangan dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Pencahayaan harus cukup baik waktu siang maupun malam hari. Pada malam hari pencahayaan yang ideal adalah penerangan listrik sedangkan pada waktu pagi hari sinar matahari dapat menjadi sumber utama penerangan dalam ruangan. Paparan cahaya dengan intensitas sinar ultraviolet (UV) tinggi dapat berakibat fatal bagi pertumbuhan bakteri. Bakteri akan mengalami iradiasi yang

---

<sup>29</sup> Rizka Tiara, *Kondisi Fisik.....*, hal. 18

<sup>30</sup> Muchamad Ngafifudin, Susilo dan Sunarno, *Penerapan Rancang Bangun pH meter berbasis Arduino pada Mesin Pencuci Film Radiografi Sinar-X*. (jurnal: UNS SEMARANG, 2017), hal. 67

berdampak pada kelainan dan kematian bakteri. Pengukuran pencahayaan pada ruangan menggunakan alat luxmeter.

#### 6) Kelembapan

Air sangat penting untuk pertumbuhan bakteri karena hanya dapat mengambil makanan dalam bentuk larutan (holophitis). Semua bakteri tumbuh baik dalam suasana basah dan udara yang lembab dan tidak tumbuh pada media dan udara yang kering. Pada suasana kering bakteri tidak dapat merombak bahan makanan. Tetapi di laboratorium bakteri dan virus dapat dipertahankan hidupnya dalam keadaan kering jika perbenihan dibekukan secara cepat dan dikeringkan secara cepat juga dalam ruang hampa udara. Ini merupakan salah satu cara pembuatan cadangan (stok) bakteri, virus, enzim, toksin, plasma darah dan biasanya dibuat dalam bentuk serbuk.<sup>31</sup>

Umumnya pertumbuhan bakteri membutuhkan kelembapan yang tinggi, kelembapan yang dibutuhkan diatas 85%. Sumber kelembapan dalam ruangan berasal dari konstruksi bangunan yang tidak baik seperti atap yang bocor, lantai, dan dinding rumah yang tidak kedap air, serta kurangnya pencahayaan baik buatan maupun alami. Kelembapan relatif udara yang tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Alat mengukur kelembapan ruangan menggunakan hygrometer.

---

<sup>31</sup> Purwaning Budi Lestari dan Triasih Wahyu Hartati, *Mikrobiologi.....*, hal. 117

## 7) Kepadatan hunian

Persyaratan kepadatan hunian untuk seluruh perumahan biasa dinyatakan dalam m<sup>2</sup> per orang. Penghuni dalam ruangan berpengaruh terhadap suhu, dan penyebaran bakteri dalam ruangan. Jumlah penghuni dalam ruangan mempengaruhi suhu dalam ruangan. Semakin banyak penghuni maka udara akan menjadi semakin panas. Selain itu bakteri juga bisa terbawa oleh penghuni dan menyebar ke udara sekitar ruangan sehingga mengkontaminasi udara ruangan. Penghuni dalam ruangan dapat juga berasal dari penghuni itu sendiri berasal dari droplet yang dikeluarkan melalui batuk, bersin dan berbicara.

Menghitung kepadatan hunian ruangan dapat dilihat dari luas ruangan, jumlah penghuni dalam ruangan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{kepadatan hunian} &= \frac{\text{jumlah luas bangunan/rumah}}{\text{jumlah penghuni dalam ruang}} \\ &= \dots\dots\dots\text{m}^2/\text{orang} \end{aligned}$$

Mengacu pada keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang persyaratan lingkungan kerja perkantoran dan industri bahwa setiap karyawan mendapatkan ruang udara minimal 10m<sup>2</sup>/orang.<sup>32</sup>

## d. Dampak Pencemaran Bakteri Udara bagi Kesehatan

Dampak langsung pencemaran udara dalam ruangan terhadap tubuh yang kontak langsung dengan udara tercemar bakteri sebagai berikut:

- 1) Iritasi selaput lendir : iritasi mata, mata pedih, mata merah serta berair.

---

<sup>32</sup> Rizka Tiara, *Kondisi Fisik.....*, hal. 20

- 2) Iritasi hidung : bersin dan gatal pada area hidung.
- 3) Iritasi tenggorokan : sakit menelan, gatal dan batuk kering.
- 4) Gangguan neurositik : sakit kepala, lemah, capek, mudah tersinggung, sulit berkonsentrasi.
- 5) Gangguan paru dan pernafasan : batuk, nafas berbunyi, sesak nafas, rasa berat di dada.
- 6) Gangguan kulit : kulit kering dan gatal
- 7) Gangguan saluran cerna : diare.
- 8) Lain – lain seperti gangguan perilaku, gangguan saluran kencing, sulit belajar.

Dampak lain yang ditimbulkan dari pencemaran udara antara lain beberapa gangguan kesehatan akibat bakteri patogen di udara antara lain dapat menimbulkan berbagai macam penyakit seperti alergi, asma serta kanker. Penyakit yang ditimbulkan secara tidak langsung tetapi akan diakumulasikan sedikit demi sedikit dan membebani tubuh sehingga menyebabkan penyakit kronis.

Selain dampak tersebut, terdapat pula penyakit yang disebabkan melalui udara. Penyakit yang disebarkan melalui media udara berasal dari aktivitas manusia seperti batuk, bersin atau meludah atau sering disebut droplet. Droplet berperan sebagai sumber bakteri patogen di udara. Droplet adalah partikel air kecil (seperti hujan rintik-rintik) dengan ukuran sekitar 1-5 mikrometer. Karena ukurannya yang sangat kecil, bentuk ini dapat tetap berada di udara untuk waktu yang cukup lama dan dapat diisap pada waktu bernapas dan masuk ke alat pernapasan. Tetesan cairan (aerosol)



biasanya dibentuk oleh bersin, batuk dan berbicara. Setiap tetesan terdiri dari air liur dan lendir yang dapat berisi ribuan mikroorganisme. Diperkirakan bahwa jumlah bakteri dalam satu kali bersin berkisar antara 10.000 sampai 100.000.<sup>33</sup>

**Tabel 2.2** Penyakit yang Disebabkan oleh Bakteri

<b>Jenis Mikroba</b>	<b>Agen</b>	<b>Penyakit</b>
<b>Batang gram negatif</b>	1. <i>Pseudomonas</i>	Infeksi telinga yang berat, infeksi mata
	2. <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> dan <i>Vibrio</i>	Enteritis enterokolitis dan diare
	3. <i>Klebiella</i>	Pneumonia
	4. <i>Proteus</i>	Infeksi saluran kemih
	5. <i>Brucella</i>	Bruselosis
	6. <i>Bordetella</i>	Batuk rejan
	7. <i>Bacteriodes fragilis</i> dan <i>Escherichia coli</i>	Abses hati
	8. <i>Haemophilus</i>	Epiglottitis, Sinusitis, Laringotrakheitis, Otitis, Meningitis
	9. <i>Legionella</i>	Legionnaire's disease
<b>Batang gram positif</b>	1. <i>Bacillus fragilis</i>	Kholesistitis
	2. <i>Clostridium</i>	Diare
	3. <i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Diphtheriae
	4. <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosa

### 3. Mikroorganisme pada *Air Conditioner* (AC)

Beberapa penyakit paru disebabkan oleh mikroorganisme yang mengkontaminasi udara dan berkembang biak di dalam *Air Conditioner* (AC). Mikroorganisme hidup pada pipa AC yang menyalurkan udara dingin ke ruangan. Penggunaan AC yang mewajibkan tertutupnya seisi ruang dapat

<sup>33</sup> Muhammad Syahrul Ramadhan, *Hubungan Keberadaan Bakteriologi.....*, hal. 25-26

mengakibatkan pertumbuhan kuman, bakteri, dan virus penyebab penyakit semakin subur.

Bakteri tumbuh pada tempat yang lembab. Udara yang dihasilkan oleh *Air Conditioner (AC)* berdampak turunnya temperatur suhu ruangan sehingga ruangan menjadi lembab. Bila suhu terlalu rendah dan kelembapan meningkat yang pastinya jamur dan parasit akan timbul. Tempat atau rumah dan AC yang tidak dijaga kebersihannya juga penyebab utama masalah kesehatan. Sistem kerja AC adalah menyerap udara panas kemudian diubah menjadi dingin. Apabila udara panas yang terserap adalah dari tempat yang kotor maka udara dingin yang dihasilkan AC akan kotor.

Filter dalam unit penyejuk udara/ *Air Conditioner AC*) dirancang untuk mencegah penyebaran bakteri dan virus. Namun, dalam tugasnya filter AC mengumpulkan polutan. Dalam proses itu bakteri dapat berkembang biak pada filter AC jika tidak dibersihkan secara teratur dan menyebabkan bakteri ke udara. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya beberapa jenis bakteri patogen yang teridentifikasi di udara antara lain yaitu *Pseudomonas* penyebab penyakit infeksi mata, *Klebsiella* penyebab penyakit pneumonia dan *Corynebacterium diphtheriae* penyebab penyakit difteri.<sup>34</sup>

#### 4. Ventilasi Udara

Ventilasi merupakan salah satu elemen penting dalam suatu bangunan yang berguna untuk menggantikan udara kotor dalam ruangan, yang berasal dari kegiatan penghuni ruangan dan peralatan di dalam ruangan. Sistem

---

<sup>34</sup> Rizka Tiara, *Kondisi Fisik.....*, hal. 22-23

ventilasi yang baik berperan penting dalam kenyamanan dan kesehatan pengguna bangunan.

Tujuan ventilasi adalah sebagai berikut :

- 1) Menghilangkan emisi gas-gas polusi yang dihasilkan oleh keringat pengguna, Amonia, pernafasan ( $\text{CO}_2$ ), bau-bau tak sedap lainnya.
- 2) Menghilangkan uap air dalam ruangan yang berasal dari kegiatan penghuni ruangan seperti memasak, uap air ketika mandi dan berdampak meningkatkan tingkat kelembapan ruangan.
- 3) Menghilangkan kalor yang berlebihan dalam ruangan yang berdampak pada suhu ruangan sehingga mengakibatkan ruangan panas.
- 4) Meningkatkan kenyamanan termal pada ruangan secara alami.

Ventilasi dibagi menjadi dua yaitu ventilasi alami dan ventilasi buatan.

- 1) Ventilasi alami.

Ventilasi alami adalah proses pergantian udara ruangan oleh udara dari luar ruangan tanpa melibatkan peralatan mekanis. Ventilasi alami, aliran udara terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara antara luar ruangan dan dalam ruangan. Perbedaan tekanan udara ini juga dipengaruhi oleh angin dan perbedaan suhu luar dan dalam. Ventilasi alami terdiri dari bukaan permanen, jendela, pintu atau sarana lain yang dapat dibuka.

- 2) Ventilasi buatan

Ventilasi buatan adalah tempat pergantian udara dari luar ruangan ke dalam ruangan dengan bantuan peralatan mekanis dan listrik. Ventilasi buatan dalam ruangan dapat berupa *cooling fan*, AC dan

sebagainya. AC atau alat pengkondisi udara merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi mesin pendingin.

#### 5. *Air Conditioner (AC)*

*Air Conditioner (AC)* merupakan peralatan elektronik yang mengatur sirkulasi udara dalam ruangan yang memberikan kenyamanan manusia maupun makhluk hidup lain di ruangan. AC adalah tempat sirkulasi udara yang menangkap udara panas hingga udara dalam ruang bertemperatur rendah. Prinsip kerja AC udara panas di dalam ruangan diserap oleh kipas sentrifugal yang terdapat pada evaporator, kemudian udara dipompa oleh kompresor, lalu bersentuhan dengan pipa coil yang di dalamnya ada gas pendingin atau freon sehingga udara yang dikeluarkan dalam ruangan menjadi dingin.

AC pada umumnya menggunakan zat freon atau disebut *Cloro Fouro Carbon (CFC)* sebagai pemberi efek dingin. Zat freon ini penyebab terbesar dari menipisnya lapisan ozon, karena pada saat zat dilepaskan ke udara akan mengubah dan menipiskan lapisan ozon yang berguna melindungi radiasi *Ultra Violet B (UV-B)* dan menyerap radiasi ultra violet dari matahari yang tinggi agar tidak sampai ke bumi. Freon yang diberitakan oleh para ilmuwan sebagai pemicu utama pemanasan global merusak ozon dengan menipiskan lapisan ozon tersebut. Ozon ( $O_3$ ) terbentuk oleh oksigen ( $O_2$ ), yang apabila bereaksi dengan freon akan terurai menjadi oksigen kembali dapat membuat lapisan ozon semakin tipis sehingga akibat pelepasan freon ini mengurangi lapisan ozon di atmosfer bahkan hingga terdapat lubang ozon. Lubang inilah yang akhirnya membuat pemanasan global.

Freon atau CFC jika terhirup secara terus menerus akan menyebabkan keracunan bagi manusia. Efek yang biasa ditimbulkan adalah pembengkakan tenggorokan, sulit bernapas, sakit tenggorokan parah, kehilangan penglihatan, membakar mata, hidung, bibir dan lidah, luka bakar pada kerongkongan, muntah darah, darah dalam feses, akutnya nyeri pada perut, detak jantung abnormal dan peredaran darah. Selain itu akibat dari menghirup gas ini dapat menyebabkan detak jantung menjadi abnormal, mungkin saja terlalu cepat detak jantung tersebut atau bahkan terlalu lemah sehingga dapat menimbulkan kematian.

Produk AC yang spesifik menggunakan teknologi *Ion Plasmacluster* dimana penggunaan ini teknologi ini mendukung imbauan pemerintah Indonesia, untuk mengganti bahan pendingin AC dari *hydrochlorofluorocarbon* menjadi *difluoromethane*, yang merupakan senyawa organik ramah lingkungan hingga lebih aman bagi ozon.<sup>35</sup> *Plasmacluster* memiliki arti kumpulan ion dalam jumlah banyak. Teknologi *plasmacluster* mampu menghasilkan ion positif ( $H^+$ ) dan ion negatif ( $O^{2-}$ ) dengan tingkat konsentrasi yang lebih tinggi untuk menonaktifkan virus, bakteri, jamur, penyebab alergi, bau yang menempel dan yang ada di udara, serta menjaga kelembaban kulit. Ion positif dan ion negatif secara aktif mencari mikroorganisme berbahaya di udara. Ion bereaksi setelah menempel di permukaan mikroorganisme, lalu berubah menjadi hidroksil radikal (OH) dan dengan cepat menarik unsur hidrogen (H) dari mikroorganisme tersebut sehingga mikroorganisme menjadi nonaktif dan

---

<sup>35</sup> Ni Kadek Ayu Agustini dan Artha Kusuma, *Pendingin Ruangan Plasmacluster dengan Sikap pada Lingkungan sebagai Pemediasi*. (Bali: Jurnal Penelitian), hal. 6

tidak berbahaya lagi. Hasil penarikan OH radikal terhadap unsur hidrogen (H) akan kembali ke udara menjadi kandungan air (H<sub>2</sub>O).<sup>36</sup>

## 6. Pemeriksaan Jumlah Bakteri di Udara

Koloni bakteri merupakan kumpulan bakteri sejenis yang mengumpul pada satu tempat di medium kultur. Beberapa kelompok bakteri menunjukkan ciri-ciri koloni yang saling berbeda, baik dilihat dari bentuknya, evaluasi, maupun bentuk tepi koloni. Ukuran, bentuk, dan penataan sel merupakan ciri morfologi kasar sel bakteri

Sifat-sifat khusus suatu koloni dalam medium padat pada agar-agar lempengan memiliki bentuk titik-titik, bulat, berbenang, tak teratur, serupa akar, serupa kumaran. Perumukaan koloni dapat datar, timbul mendatar, timbul melengkung, timbul mencembung, timbul membukit, timbul berkawah. Tepi koloni ada yang utuh, berombak, berbelah-belah, bergerigi, berbenang-benang dan keriting. Bentuk sel koloninya berupa *coccus* (bulat).

Beberapa teknik yang digunakan untuk analisis mikrobiologi udara salah satunya adalah *settling plate*. Prinsip metode *settling plate* yaitu pada peletakan lempeng agar dalam petri diameter 100 mm yang terbuka akan menampung pengendapan partikel mikroba udara sekitar 1m<sup>3</sup> selama terpapar 15 menit, menggunakan media sampling standar *brain hearts infusion agar* atau *trypticase soy agar*. Metode ini mudah dan tidak membutuhkan biaya mahal. Tehnik ini dilakukan dengan memaparkan petri dish yang berisi media agar yang dibuka sehingga permukaan agar terpapar

---

<sup>36</sup> Rina Febriani, et. All., *Pengaruh Penggunaan Ion Plasma Terhadap Penurunan Angka Kuman Udara di Ruang Kelas Gedung R2 Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang*. (Semarang: Jurnal Penelitian, 2017), hal. 2

ke udara selama beberapa menit. Setelah petri dish diinkubasi akan tampak sejumlah koloni yang berkembang.

Perhitungan koloni bakteri menggunakan metode hitungan cawan *Total Plate Count (TPC)*. Prinsip metode hitungan cawan adalah menumbuhkan sel bakteri pada cawan petri dengan media agar, maka bakteri mampu berkembang dan membentuk koloni. Terbentuknya koloni pada media agar dapat dilihat secara langsung atau mata telanjang dan dapat dihitung tanpa bantuan mikroskop berdasarkan perbedaan bentuk, warna koloni bakteri. Jumlah koloni mikroba yang tumbuh pada media agar dapat dihitung berkisar antara kurang dari 300 koloni. Jumlah koloni lebih dari 300 koloni maka dapat dicatat dengan terlalu padat untuk dihitung. Jumlah koloni yang banyak harus melalui proses pengenceran sebelum ditumbuhkan pada media.

Metode hitung cawan dibedakan menjadi dua cara yaitu metode tuang (*pour plate*) dan metode permukaan (*surfacelspread plate*). Kelebihan metode hitung cawan antara lain<sup>37</sup> :

- a. Hanya sel mikroba hidup yang dapat dihitung.
- b. Beberapa jasad renik dapat dihitung sekaligus.
- c. Dapat digunakan untuk isolasi dan identifikasi mikroba.

Kelemahan metode hitung cawan :

- a. Hasil perhitungan tidak menunjukkan jumlah sel sebenarnya karena kemungkinan beberapa sel yang berdekatan membentuk koloni dengan mikroba lain.

---

<sup>37</sup> Rizka Tiara, *Kondisi Fisik.....*, hal. 23-24

- b. Media dan inkubasi berbeda kemungkinan menghasilkan jumlah yang berbeda pula.
- c. Mikroba yang tumbuh harus pada media padat dan membentuk koloni yang kompak, jelas serta tidak menyebar.
- d. Memerlukan persiapan dan waktu inkubasi beberapa hari sehingga pertumbuhan koloni baru dapat dihitung.

Perhitungan dengan metode cawan menggunakan *Standart Plate Counts* (SPC) sebagai berikut :

- a. Cawan yang dipilih dan dihitung memiliki jumlah koloni 30-300.
- b. Beberapa koloni yang bergabung menjadi satu merupakan satu kumpulan koloni besar dimana jumlah koloni diragukan dapat dihitung sebagai satu koloni.
- c. Satu deretan rantai koloni yang terlihat sebagai suatu garis tebal dihitung sebagai satu koloni.

## **7. Buku Petunjuk Praktikum**

Buku petunjuk dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah buku yang berisikan keterangan dan petunjuk praktis untuk melakukan (melaksanakan, menjalankan) sesuatu. Menurut Surat Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 36/D/O/2001 Pasal 5 mendefinisikan petunjuk praktikum adalah pedoman pelaksanaan praktikum yang berisi tata cara persiapan, pelaksanaan, analisis data dan pelaporan. Pedoman tersebut disusun dan ditulis oleh kelompok staf pengajar yang menangani praktikum tersebut dan mengikuti kaidah tulisan ilmiah. Buku petunjuk praktikum merupakan buku yang berisi pedoman praktikum dalam tata cara persiapan,



pelaksanaan, dan analisis oleh pengajar. Dengan demikian buku petunjuk praktikum merupakan suatu buku yang berisi pengarahan yang bertujuan untuk memberi tahu dalam melakukan kegiatan praktikum.

Isi buku petunjuk praktikum diorganisasikan sebagai berikut :

1) Pengantar

Berisi uraian singkat yang mengetengahkan bahan pelajaran (berupa konsep-konsep) yang mencakup dalam kegiatan/praktikum dan informasi khusus yang berkaitan dengan masalah yang akan dipecahkan melalui praktikum.

2) Tujuan

Memuat tujuan yang berkaitan dengan permasalahan yang diungkapkan di pengantar atau berkaitan dengan unjuk kerja peserta didik.

3) Alat dan Bahan

Memuat alat dan bahan yang diperlukan

4) Prosedur/Langkah Kegiatan

Merupakan instruksi untuk melakukan kegiatan praktikum dapat berupa sketsa gambar.

5) Data Hasil Pengamatan

Meliputi tabel-tabel data atau grafik kosong yang dapat diisi peserta didik untuk membantu peserta didik mengorganisasikan data.

6) Analisis

Bagian ini membimbing peserta didik untuk melakukan langkah-langkah analisis data sehingga kesimpulan dapat diperoleh. Bagian ini dapat berupa pertanyaan atau isian yang jawabannya berupa perhitungan

terhadap data. Pada bagian ini peserta didik dapat diminta membuat grafik dan melihat hubungan sebab akibat antara dua hal seperti yang dirumuskan dalam masalah.

7) Kesimpulan

Berisi pertanyaan-pertanyaan yang didesain sedemikian rupa hingga jawabannya berupa kesimpulan (menjawab permasalahan). Guru dapat memasukkan pertanyaan yang mengaitkan hasil praktikum dengan konsep-konsep materi dan penerapannya.

8) Langkah selanjutnya

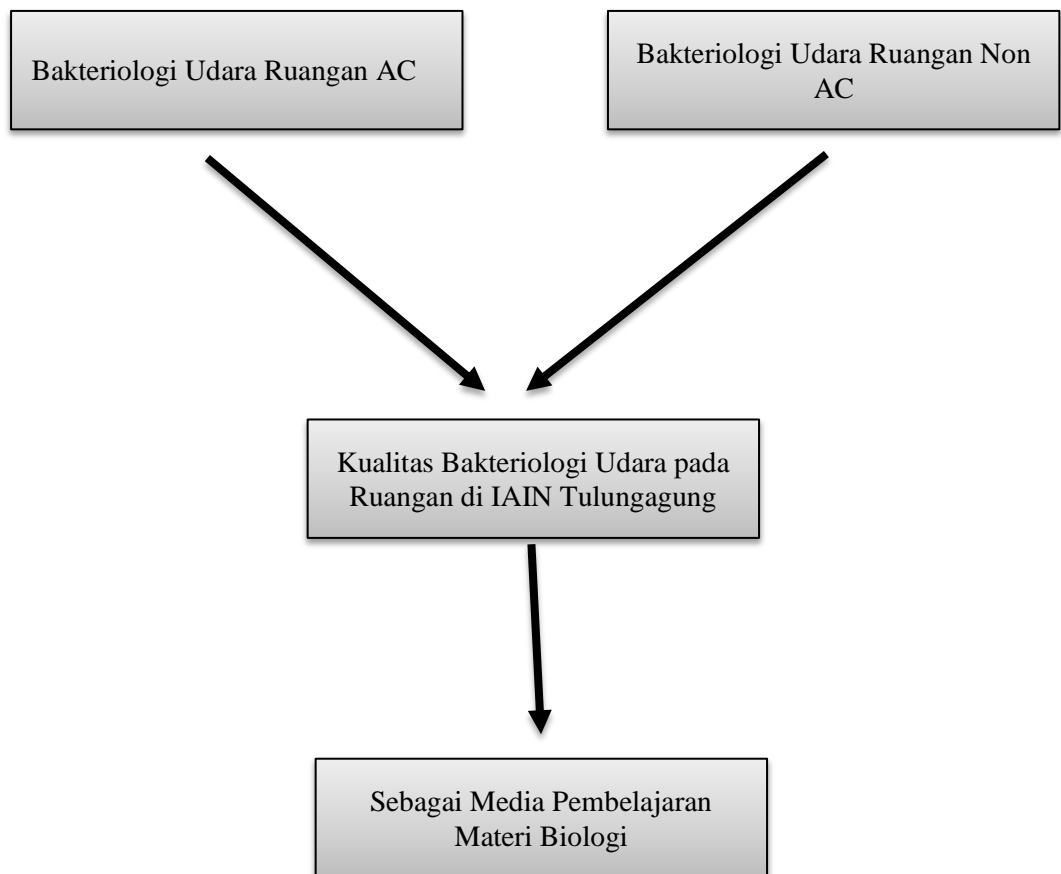
Merupakan kegiatan perluasan, proyek, atau telaah pustaka yang membantu peserta didik belajar lebih lanjut tentang materi pembelajaran yang dipelajari melalui kegiatan praktikum serta penerapannya dalam bidang-bidang lain.

## **B. Kerangka Berpikir**

Udara pada dasarnya bukan tempat pertumbuhan dan reproduksi bakteri karena komposisi udara yang tidak sesuai. Di udara terbuka, kebanyakan bakteri berasal dari tanah. Bakteri udara di dalam ruangan berasal dari aktivitas penghuni ruangan tersebut. Aktivitas penghuni ruangan seperti asap rokok, asap yang berasal dari dapur, pemakaian obat nyamuk, dan udara yang dikeluarkan dari manusia ketika berbicara atau bersin.

Bakteri pada ruangan juga dipengaruhi oleh alat pertukaran udara atau ventilasi. Ruangan dengan ventilasi berbeda tentunya akan memiliki aktifitas pertukaran udara yang berbeda pula, hal tersebut mempengaruhi keberadaan

bakteriologi dalam ruangan. Dengan melakukan pemeriksaan bakteriologi udara pada ruangan yang berbeda tersebut akan dapat disimpulkan bagaimana kualitas bakteriologis udara pada ruangan di lingkungan IAIN Tulungagung. Dengan penelitian ini akan dikembangkan sebagai buku petunjuk praktikum siswa SMA dengan materi kingdom monera.



**Gambar 2.1** Kerangka Berpikir

### **C. Hipotesis (Produk yang dihasilkan)**

Produk yang akan dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Produk yang dikembangkan berupa buku petunjuk praktikum biologi sesuai kurikulum 2013.

2. Buku petunjuk praktikum berisi *guidline* (arahan) agar mudah dalam memahami materi.
3. Buku petunjuk praktikum dilengkapi dengan gambar-gambar dari hasil penelitian yang relevan dengan materi pembelajaran.
4. Gambar-gambar yang dicantumkan dalam petunjuk praktikum jelas dan berwarna sehingga menarik perhatian peserta didik untuk membaca, dan memahami materi.
5. Buku petunjuk praktikum yang dikembangkan dapat menjadi sarana belajar mandiri peserta didik di sekolah dan di rumah.
6. Produk buku petunjuk praktikum menggunakan kertas HVS A4
7. Buku petunjuk praktikum yang dikembangkan berisi :
  - a. Cover
  - b. Pengantar materi (dasar teori)
  - c. Tujuan praktikum
  - d. Alat dan Bahan
  - e. Prosedur / Langkah Kerja
  - f. Data Hasil Pengamatan
  - g. Analisis Data
  - h. Kesimpulan

#### **D. Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu merupakan salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga peneliti dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian dengan judul yang hampir sama dengan

judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal dan skripsi terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

**Tabel 2.3** Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Nama Pengarang	Persamaan	Perbedaan	Keterangan
1.	Hubungan Keberadaan Bakteriologis Udara terhadap Kondisi Ruang di Ruang Kuliah Mahasiswa S1 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin	MUHAMMAD SYAHRUL RAMADHAN (Skripsi, Universitas Hsanuddin Makasar, 2018)	Variabel Independen	Variabel Dependen	Ada keterkaitan pencahaya-an, kelembaban dan perawatan AC terhadap keberadaan bakteriologis udara, namun tidak ada keterkaitan suhu dengan keberadaan bakteriologis udara.
2.	Kondisi Fisik dan Jumlah Bakteri Udara pada Ruang AC dan Non AC di Sekolah Dasar	Riska Tiara Vindrahapsari (Skripsi, Universitas Muhammadiyah Semarang, 2016)	Variabel Independen	Variabel Dependen	Bakteri pada ruangan AC lebih banyak dari bakteri pada ruangan non AC. AC yang digunakan dikelas tidak berfungsi secara normal.
3.	Kualitas Mikrobiologi Udara dan Identifikasi Jenis Mikroorganisme pada Lantai Ruang <i>Intensive Care Unit (Icu)</i> di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. H. Abdoel Moeloek Bandar Lampung	AYU WULAN SARI (Skripsi, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2017)	Variabel Independen	Variabel Dependen	Angka kuman udara pada ruangan ICU adalah baik dengan indeks rata-rata 153,4 CFU/m <sup>3</sup> . Bakteri yang terdapat pada ruangan adalah <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Staphylococcus saprophyticus</i> , dan <i>Enterobacter</i> .

Pada penelitian pertama dengan judul “Hubungan Keberadaan Bakteriologis Udara terhadap Kondisi Ruangan di Ruang Kuliah Mahasiswa S1 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin” yang dilakukan oleh Muhammad Syahrul Ramadhan. Penelitian ini memiliki persamaan pada variabel independen atau variabel bebas yaitu pada bagian ‘Keberadaan Bakteriologis Udara’ sedangkan terdapat perbedaan pada variabel dependen yaitu kondisi ruangan yang digunakan. Penelitian ini mendapatkan hasil ada keterkaitan pencahayaan, kelembaban dan perawatan AC terhadap keberadaan bakteriologis udara, namun tidak ada keterkaitan suhu dengan keberadaan bakteriologis udara. Bakteri yang ditemukan di ruang kuliah tersebut adalah *Enterobacter agglomerans*, *Alkaligenes faealis*, *Acinetobacter calcoaceticus* dan *Providencia alcalifaciens*.

Penelitian kedua dengan judul “Kondisi Fisik dan Jumlah Bakteri Udara pada Ruangan AC dan Non AC di Sekolah Dasar” yang dilakukan oleh Rizka Tiara V terdapat persamaan pada variabel bebas yaitu jumlah bakteri udara sedangkan perbedaan terdapat pada variabel terikat yaitu tempat yang digunakan penelitian. Penelitian ini mendapatkan hasil bakteri pada ruangan AC lebih banyak dari bakteri pada ruangan non AC. Hal tersebut dikarenakan pada ruang kelas berAC, AC tidak bekerja secara optimal. Kondisi ruang kelas yang menggunakan ventilasi AC diatur pada suhu 16<sup>0</sup>C namun saat dilakukan pengukuran suhu ruang berkisar antara 29<sup>0</sup>C sampai 31.2<sup>0</sup>C.

Penelitian ketiga dengan judul “Kualitas Mikrobiologis Udara dan Identifikasi Jenis Mikroorganisme pada Lantai Ruang *Intensive Care Unit (ICU)* di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. H. Abdoel Moeloek Bandar

Lampung” yang dilakukan Ayu Wulan Sari terdapat persamaan pada variabel independen yaitu kualitas mikrobiologis udara sedangkan perbedaannya pada variabel dependen yaitu pada lantai ruang intensif. Penelitian ini mendapatkan hasil dengan angka kuman udara pada ruangan ICU adalah baik dengan indeks angka kuman rata-rata 153,4 CFU/m<sup>3</sup>. Bakteri yang terdapat pada ruangan adalah *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus*, dan *Enterobacter*.