

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kayu Kapur



**Gambar II. 1**Pohon Kayu Kapur

#### 1. Klasifikasi

- Kerajaan : *Plantae*  
Filum : *Tracheophyta*  
Kelas : *Magnoliopsida*  
Ordo : *Theales*  
Famili : *Dipterocarpaceae*  
Genus : *Dryobalanops*  
Spesies : *Dryobalanops aromatic*.<sup>12</sup>

#### 2. Nama dan Daerah Penyebaran Kayu Kapur

Nama-nama kayu kapur di berbagai daerah diantaranya adalah kayu kapur, kamper, dan hayu hapur.<sup>13</sup> Ampadu, ampalang, awang tanet, bayau,

---

<sup>12</sup>Alamendah, *op.cit*, hal. 3.

belakan, binderi, empedu, kalampait, kapur, kapur hitam, kapur kedemba, kapur merah, kapur naga, kapur sintuk, kapur tanduk, kapur tulang, kayatan, keladan, melampait, mengkayat, mohoi, muri, serapan, sintok, tulai, wahai (Kalimantan), haburuan, kaburun, kamfer, kuras (Sumatera).<sup>14</sup> Di Indonesia pohon kapur tersebar di daerah Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau dan seluruh wilayah Kalimantan.<sup>15</sup>

Kayu kapur merupakan pohon besar yang tumbuh pada ketinggian 400 m dpl. Kapur barus terletak pada bagian dalam kulit kayu, baunya seperti lada.<sup>16</sup> Diameter batangnya mencapai 70 cm bahkan 150 meter dengan tinggi pohon mencapai 60 meter. Kulit pohon berwarna coklat dan coklat kemerahan di daerah dalam. Pada batangnya akan mengeluarkan aroma kapur bila dipotong. Daun kayu kapur tunggal dan berseling, memiliki stipula di sisi ketiak, dengan permukaan daun mengkilap, dan tulang daun sekunder menyirip sangat rapat dengan stipula berbentuk garis dan sangat mudah luruh. Bunga berukuran sedang, kelopak mempunyai ukuran sama besar, mempunyai mahkota bunga elips, mekar, putih berlilin, dan memiliki 30 benang sari. Pohon kapur barus memiliki buah agak besar, mengkilap, dan bersayap sebanyak 5 helai.<sup>17</sup>

---

<sup>13</sup>Redaksi Agromedia, *loc.cit.*

<sup>14</sup>D-forin, Kamus Jenis Tanaman, <http://www.d-forin.com/flora.php?tnmn=13PYRLGsJ6zS qHKsGnSbDICN1JDp1hGZ8nOqzDScPIDc5NI3PYRLGsJ6zISqHOKsGnM4zpJ5XGHm&pg=1>, diakses 2 April 2013.

<sup>15</sup>Rudi Setiawan Atmosuseno dan Khaerudin Duljapar, Kayu Komersil, Penenbar Swadaya, Jakarta, 1996, hal. 22.

<sup>16</sup>Redaksi Agromedia, *loc.cit.*

<sup>17</sup>Alamendah, *op.cit.*, hal. 1-2.

Umumnya pohon hidup berkelompok, dan permudaan alamnya mudah terjadi pada hutan primer. Kayu kamper memiliki bau khas, yakni berbau kamper sesuai namanya. *Dryobalanops aromatica* mempunyai bau yang sangat mencolok. Selain dari baunya, kamper dapat dikenali dari warna kayu terasnya yang cokelat kemerahan atau merah-cokelat-kelabu dan warna kayu gubalnya yang berwarna agak kuning muda atau hampir putih. Tekstur kayu kamper tergolong kasar dan arah serat kayunya lurus. Kayu ini sangat keras dengan BJ rata-rata 0,81. Pohon kamper memiliki penampakan yang bagus. Batangnya lurus dan silindris dengan tajuk kecil. Batang pohon terkadang berbanir hingga 2 m. Tinggi pohon berkisar 35-45 m dan dapat mencapai 60 m. Diameter batang antara 80-100 cm. Pohon tidak berbuah setiap tahun. Jumlah buah *Dryobalanops aromatica* kering  $\pm$  98 butir per kg.<sup>18</sup>

### 3. Kandungan Kimia dan Kegunaan

Bagian tanaman kayu kapur yang digunakan sebagai obat adalah kayu, buah dan biji.<sup>19</sup> Tanaman kayu kapur mengandung minyak atsiri, harsa dan damar. Tanaman kapur barus berkhasiat sebagai pereda nyeri (analgesik), afrodisiak, obat sakit gigi, tonikum, dan obat sakit mata. Bijinya digunakan sebagai obat sakit perut. Buahnya digunakan sebagai penasak. Balsem dari kapur barus berkhasiat mengobati rematik dan perangsang kulit.<sup>20</sup>

#### B. Uji Fitokimia

Uji fitokimia merupakan suatu metode untuk mengetahui ada tidaknya komponen-komponen bioaktif atau metabolit sekunder yang terdapat pada sampel

---

<sup>18</sup>Rudi Setiawan Atmosuseno dan Khaerudin Duljapar, *op.cit.*, hal. 22-24.

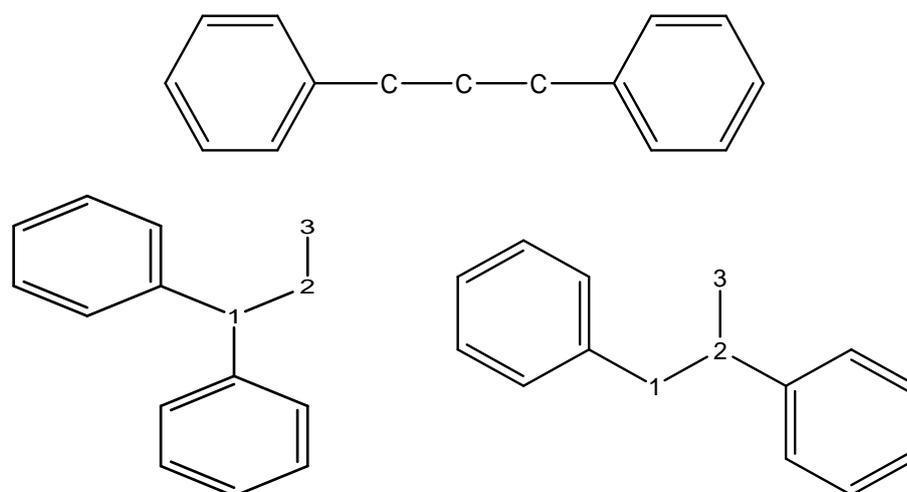
<sup>19</sup>Redaksi Agromedia, *loc.cit.*

<sup>20</sup>*Ibid*, hal. 113.

uji. Metabolit sekunder adalah suatu molekul atau produk metabolik yang dihasilkan oleh proses metabolisme sekunder mikroorganisme dimana produk metabolik tersebut bukan merupakan kebutuhan pokok mikroorganisme untuk hidup dan tumbuh. Metabolit sekunder banyak bermanfaat bagi manusia dan makhluk hidup lain karena banyak diantaranya bersifat sebagai obat, pigmen, atau vitamin.<sup>21</sup> Beberapa senyawa metabolit sekunder :

### 1. Flavonoid

Flavonoid adalah suatu kelompok senyawa fenol yang terbesar ditemukan di alam. Senyawa-senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu, biru, dan sebagian warna kuning yang ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan. Flavonoid mempunyai kerangka dasar karbon yang terdiri dari 15 atom karbon, dimana dua cincin benzen ( $C_6$ ) terikat pada suatu rantai propan ( $C_3$ ) sehingga membentuk suatu susunan  $C_6-C_3-C_6$ . Susunan ini dapat menghasilkan tiga jenis struktur, yakni 1,3-diaril propan atau flavonoid, 1,2-diaril propan atau isoflavonoid, dan 1,1-diaril propan atau neoflavonoid.



**Gambar II. 2** Struktur Flavonoid

<sup>21</sup>Sylvia T. Pratiwi, Mikrobiologi Farmasi, Erlangga, Jakarta, 2008, hal. 130.

Flavonoid sering ditemukan sebagai glikosida. Flavonoid merupakan kandungan khas tumbuhan hijau yang terdapat pada bagian tumbuhan termasuk daun, akar, kayu, kulit, bunga, dan biji. Flavonoid bersifat polar karena mengandung sejumlah hidroksil.<sup>22</sup>

## 2. Terpenoid

Minyak atsiri bukanlah senyawa murni, akan tetapi campuran senyawa organik yang kadang kala terdiri dari 25 senyawa atau komponen yang berlainan. Penyelidikan kimia menunjukkan bahwa sebagian besar komponen minyak atsiri adalah senyawa yang hanya mengandung karbon dan hidrogen, atau karbon dan oksigen yang tidak bersifat aromatik. Senyawa-senyawa ini secara umum disebut terpenoid. Fraksi yang paling mudah menguap, hasil penyulingan, dan ekstraksi dari minyak atsiri biasanya terdiri dari senyawa-senyawa golongan terpenoid yang mengandung 10 atom karbon. Fraksi yang mempunyai titik didih lebih tinggi biasanya terdiri dari terpenoid yang mengandung 15 atom karbon. Bahan-bahan alam lainnya selain minyak atsiri mengandung pula terpenoid dengan 20, 30, dan 40 atom karbon atau lebih.<sup>23</sup>

## 3. Steroid/ Triterpenoid

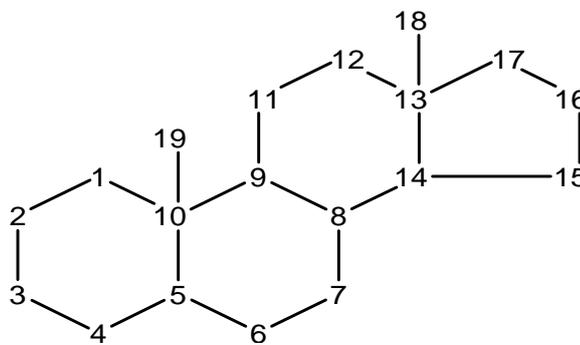
Steroid adalah triterpenoid yang kerangka dasarnya sistem cincin siklopentana perhidrofenantren. Uji yang biasa digunakan adalah reaksi

---

<sup>22</sup>Sovia Lenny, *Senyawa Flavonoida, Fenilpropanoida, dan Alkaloida*, Karya Ilmiah, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara, Medan, 2006, hal. 10.

<sup>23</sup>Sovia Lenny, *Senyawa Terpenoida dan steroida*, Karya Ilmiah, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara, Medan, 2006, hal. 3-4.

Liebermann-Burchard yang dengan kebanyakan triterpen dan steroid memberikan warna hijau-biru.<sup>24</sup>



**Gambar II. 3** Struktur Steroid

Steroid terdapat dalam hampir semua tipe sistem kehidupan. Dalam binatang banyak steroid bertindak sebagai hormon, demikian pula steroid sintetik digunakan meluas sebagai bahan obat. Misalnya kortison dan kortisol yang digunakan sebagai obat peradangan karena alergi atau encok.<sup>25</sup>

#### 4. Alkaloid

Alkaloid adalah suatu golongan senyawa organik yang terbanyak ditemukan di alam. Hampir seluruh alkaloid berasal dari tumbuh-tumbuhan. Berbagai perkiraan menyatakan bahwa persentase jenis tumbuhan yang mengandung alkaloid terletak dalam rentang 15-30%.<sup>26</sup> Semua alkaloid mengandung paling sedikit sebuah atom nitrogen yang biasanya bersifat basa, dan dalam sebagian besarnya atom nitrogen ini merupakan bagian dari cincin heterosiklik. Hampir semua alkaloid yang ditemukan di alam mempunyai

<sup>24</sup>Puspa Utari, *Skrining Fitokimia dan uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun dari Tumbuhan Pacar Air (Impatiens balsamina L) terhadap Bakteri Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis dan Pseudomonas aeruginosa*, Skripsi, Universitas Sumatra Utara, Medan, 2011, hal. 7.

<sup>25</sup>Fessenden dan Fessenden, *Kimia Organik Edisi Ketiga Jilid 2*, Erlangga, Jakarta, 1982, hal. 423-424.

<sup>26</sup>Trevor Robinson, *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*, ITB, Bandung, 1995, hal. 283.

keaktifan fisiologis tertentu, ada yang sangat beracun tetapi ada pula yang sangat berguna dalam pengobatan. Adanya sifat-sifat fisiologis pada alkaloid telah banyak menarik perhatian para ahli kimia sejak abad yang lalu, dan akibatnya lebih dari 5000 senyawa alkaloid telah ditemukan. Alkaloid dapat ditemukan dalam berbagai bagian tumbuhan, seperti biji, daun, ranting, dan kulit kayu.<sup>27</sup>

## 5. Tanin

Tanin terdapat banyak dalam tumbuhan berpembuluh. Secara kimia terdapat dua jenis tanin yaitu tanin terkondensasi terdapat dalam tumbuhan *gymnospermae* serta tersebar luas dalam *angiospermae* terutama tumbuhan berkayu. Tanin terhidrolisis, penyebarannya terbatas pada tumbuhan berkeping dua. Sebagian besar tumbuhan yang banyak bertanin dihindari oleh hewan pemakan tumbuhan karena rasanya sepat. Salah satu fungsi tanin dalam tumbuhan ialah sebagai penolak hewan pemakan tumbuhan.<sup>28</sup>

## 6. Saponin

Saponin adalah glikosida triterpenoid dan sterol. Saponin merupakan senyawa aktif permukaan dan bersifat seperti sabun serta dapat dideteksi berdasarkan kemampuannya membentuk busa.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup>Sjamsul Arifin Achmad, Kimia Organik Bahan Alam, Karunika, Jakarta, 1986, hal. 47.

<sup>28</sup>Lowysa Wanti Silaban, *Skrining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Kulit Buah Sentul (Sandoricum koetjape (Burm.) Merr) terhadap beberapa Bakteri secara In Vitro*, Skripsi Fakultas Farmasi Universitas Sumatra Utara, Medan, 2009, hal. 10.

<sup>29</sup>*Ibid*, hal. 11.

### C. Ekstraksi

Ekstraksi suatu tanaman adalah pemisahan secara kimia atau fisika suatu bahan padat atau bahan cair dari suatu padatan, yaitu berupa tanaman alam.<sup>30</sup>

Macam-macam isolasi/ ekstraksi adalah sebagai berikut:

#### 1. Maserasi

Maserasi adalah proses panyarian sederhana dengan jalan merendam bahan alam atau tumbuhan dalam pelarut dan waktu tertentu, sehingga bahan akan jadi lunak dan larut. Maserasi ini bertujuan untuk menarik zat-zat berkhasiat dari simplisia, baik simplisia dengan zat berkhasiat yang tidak tahan pemanasan maupun simplisia dengan zat berkhasiat yang tahan pemanasan. Jika bahan yang akan diekstraksi mahal harganya, biasanya dicari cara yang semaksimal mungkin dapat menarik zat utama (zat berkhasiat) dari residu, menurut prosedur yang sesuai. Dilihat dari alat yang digunakan untuk maserasi ini sangat sederhana, dapat digunakan botol gelap yang besar atau erlenmeyer yang sesuai, yang penting tertutup rapat untuk menghindari penguapan pelarut.<sup>31</sup>

Maserasi dapat dimodifikasi menjadi beberapa metode, yaitu sebagai berikut:

a. Digesti, merupakan cara maserasi dengan menggunakan pemanasan lemah.

Cara maserasi ini hanya dapat dilakukan untuk simplisia yang zat aktifnya tahan terhadap pemanasan. Tujuannya untuk meningkatkan daya larut cairan.

---

<sup>30</sup>Rusjdi Djamal, Kimia Bahan Alam Prinsip-prinsip Dasar Isolasi dan Identifikasi, Padang, Universitas Baiturrahmah, hal. 31.

<sup>31</sup>*Ibid*, hal. 42-43.

- b. Maserasi kinetik, merupakan cara maserasi dengan menggunakan mesin pengaduk yang berputar terus-menerus. Waktu proses maserasi dapat dipersingkat 6-24 jam.
- c. Remaserasi, merupakan cara maserasi yang dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat pertama.

## **2. Perkolasi**

Perkolasi adalah proses penyarian dengan jalan melakukan pelarut yang sesuai secara lambat pada simplisia dalam suatu alat perkolator. Perkolasi dianggap selesai apabila cairan yang menetes telah berwarna bening dengan perkataan lain kandungan zat berkhasiat telah tersari sempurna (bila perlu dilakukan test metabolit sekunder). Pada proses perkolasi, sebelum proses dimulai simplisia terlebih dahulu dibasahi dengan pelarut sebelum dimasukkan ke dalam perkolator. Pembasahan dilakukan menggunakan 0,3-1 bagian pelarut dan didiamkan selama lebih kurang 2 jam sampai terjadi pengembangan sempurna. Perkolator terdiri dari kontener berbentuk konikal atau silinder, tertutup pada bagian bawah oleh suatu sistem penyaringan berbentuk ayakan.<sup>32</sup>

## **3. Sokletasi**

Sokletasi adalah proses penyarian bahan alam secara kontinu di dalam alat soklet. Proses sokletasi berlangsung dimana pelarut mengalami penguapan dan pendinginan secara berulang-ulang. Pelarut masuk ke dalam wadah tempat sampel, membasahi dan merendam evapor yang dibungkus dalam suatu kantong kertas. Setelah pelarut memenuhi batas, secara keseluruhan akibat

---

<sup>32</sup>*Ibid*, hal. 43-44.

adanya gravitasi pada sistem pipa kapiler dan pengaruh tekanan dari permukaan sampel pelarut mengalir kedalam labu di bawahnya sambil mengosongkan wadah evapor. Wadah evapor akan terisi kembali secara kontinu akibat penguapan pelarut dari labu penampung. Proses sokletasi ini membutuhkan alat pemanas untuk menguapkan pelarut dari labu penampung, pelarut yang digunakan mudah menguap.<sup>33</sup>

#### 4. Destilasi

Untuk memisahkan zat yang mudah menguap seperti minyak atsiri, proses isolasi dapat dilakukan dengan cara destilasi baik destilasi normal pada suhu dan tekanan udara normal maupun dibantu tekanan direduksi (*in vacuo*). Mengisolasi minyak atsiri dengan cara destilasi atau menyuling dapat dibedakan atas beberapa tipe tergantung cara kontak evapor dengan uap air.

- a. Destilasi uap adalah penyulingan dengan mengalirkan uap pada evapor atau dikenal dengan metoda destilasi uap. Sampel dengan air penyuling berada pada tempat terpisah.
- b. Destilasi uap-air adalah penyulingan dengan merendam langsung evapor dengan air (sampel dan air penyuling dalam satu wadah).<sup>34</sup>

#### 5. Fraksinasi

Fraksinasi adalah proses untuk memisahkan kandungan senyawa bahan alam atas perbedaan sifat kelarutannya dalam kondisi yang ditentukan. Umumnya senyawa bahan alam dapat dibedakan atas tiga kelompok: senyawa non-polar seperti lemak/lilin, terpen dan steroid, senyawa semi-polar seperti

---

<sup>33</sup>*Ibid*, hal. 46-47.

<sup>34</sup>*Ibid*, hal. 49.

kumarin, fenolik tak terglisosida (flavonoid) dan alkaloid, senyawa polar seperti flavonoid glikosida, alkaloid kuaterner, dan lain-lain. Untuk proses fraksinasi berdasarkan tingkat kepolaran umumnya digunakan pelarut n-heksana untuk menarik zat yang bersifat non-polar, etil asetat atau kloroform untuk memisahkan senyawa yang bersifat semi-polar dan senyawa yang termasuk kelompok polar difraksinasi dengan n-butanol. Proses fraksinasi harus berurutan dari non-polar sampai dengan polar dan tidak boleh dibalik.<sup>35</sup>

#### **D. Bakteri**

Bakteri merupakan organisme uniseluler yang relatif sederhana. Karena materi genetik tidak diselubungi oleh selaput membran inti, sel bakteri disebut dengan sel prokariot. Secara umum, sel bakteri terdiri atas beberapa bentuk, yaitu bentuk basil/ batang, bulat atau spiral. Dinding sel bakteri mengandung kompleks karbohidrat dan protein yang disebut peptidoglikan. Bakteri umumnya bereproduksi dengan cara membelah diri menjadi dua sel yang berukuran sama, ini disebut dengan pembelahan biner. Untuk nutrisi, bakteri umumnya menggunakan bahan kimia organik yang dapat diperoleh secara alami dari organisme hidup atau organisme yang sudah mati. Beberapa bakteri dapat membuat makanan sendiri dengan proses biosintesis, sedangkan beberapa bakteri yang lain memperoleh nutrisi dari substansi organik.<sup>36</sup>

##### **1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri**

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri:

---

<sup>35</sup>*Ibid*, hal. 50.

<sup>36</sup>Maksum Radji, M. Biomed, Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran, Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta, 2011, hal. 7.

**a. Suhu**

Berdasarkan suhu pertumbuhan, dikenal dengan bakteri psikrofil, bakteri psikrotrof, bakteri mesofil, dan bakteri termofil.

- 1) Bakteri psikrofil adalah bakteri yang tumbuh pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  dengan suhu optimum  $15^{\circ}\text{C}$  dan tidak tumbuh pada suhu kamar ( $25^{\circ}\text{C}$ ).
- 2) Bakteri psikrotrof atau psikrofil fakultatif adalah bakteri yang tumbuh pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  dengan suhu optimum  $20-30^{\circ}\text{C}$  dan tidak tumbuh pada suhu lebih dari  $40^{\circ}\text{C}$ .
- 3) Bakteri mesofil adalah bakteri yang tumbuh optimal pada suhu  $25-40^{\circ}\text{C}$  dan merupakan bakteri yang paling banyak ditemukan.
- 4) Bakteri termofil adalah bakteri yang dapat tumbuh pada suhu tinggi. Sebagian besar bakteri ini dapat tumbuh pada suhu  $50-60^{\circ}\text{C}$ .<sup>37</sup>

**b. pH**

pH adalah derajat keasaman suatu larutan. Kebanyakan bakteri tumbuh subur pada pH 6,5-7,5. Sangat sedikit bakteri yang dapat tumbuh pada pH asam (di bawah pH 4).

**c. Oksigen**

Berdasarkan kebutuhan oksigen, dikenal mikroorganisme yang bersifat aerob dan anaerob. Mikroorganisme aerob memerlukan oksigen untuk bernafas, sedangkan mikroorganisme anaerob tidak memerlukan oksigen untuk bernafas. Adanya oksigen pada mikroorganisme anaerob

---

<sup>37</sup>*Ibid*, hal. 21-23.

justru akan menghambat pertumbuhannya. Energi pada mikroorganismen anaerob dihasilkan dengan cara fermentasi.<sup>38</sup>

#### **d. Tekanan Osmotik**

Mikroba pada umumnya dapat tumbuh dalam kisaran tekanan osmotik yang cukup besar. Mikroba yang membutuhkan tekanan osmotik yang disebut osmofilik. Mikroba yang membutuhkan konsentrasi garam yang tinggi disebut halofilik. Beberapa mikroba memerlukan konsentrasi garam yang tinggi untuk pertumbuhannya. Akan tetapi bila konsentrasi garam sangat tinggi maka air akan keluar dari sel sehingga pertumbuhan akan berhenti.<sup>39</sup>

#### **e. Radiasi**

Radiasi yang berbahaya untuk mikroorganismen adalah radiasi pengionisasi (*ionizing radiation*), yaitu radiasi dari panjang gelombang yang sangat pendek dan berenergi tinggi yang dapat menyebabkan atom kehilangan elektron (ionisasi). Pada level rendah, radiasi pengionisasi dapat mengakibatkan mutasi yang mungkin mengarah pada kematian, sedangkan pada level tinggi pengaruh radiasi bersifat letal.<sup>40</sup>

#### **f. Nutrisi**

Sumber zat makanan (nutrisi) bagi mikroba diperoleh dari senyawa karbon, nitrogen, sulfur, fosfor, unsur logam (natrium, kalsium, magnesium

---

<sup>38</sup>Sylvia T. Pratiwi, *op.cit*, hal. 112

<sup>39</sup>Lowysa Wanti Silaban, *op.cit*, hal. 15,

<sup>40</sup>Sylvia T. Pratiwi, *op.cit*, hal. 113.

mangan, besi, tembaga dan kobalt), vitamin dan air untuk fungsi-fungsi metabolik dan pertumbuhannya.<sup>41</sup>

## **2. Fase Pertumbuhan Bakteri**

Fase pertumbuhan bakteri setelah diinokulasikan ke dalam media pertumbuhan cair:

### **a. Fase Lag**

Fase ini merupakan fase awal, yaitu jumlah sel sangat sedikit karena sel belum mengalami pembelahan sel dalam media yang baru. Fase ini dapat berlangsung selama 1 jam atau beberapa hari.

### **b. Fase Log**

Pada fase ini, sel mulai membelah dan memasuki masa pertumbuhan atau penambahan jumlah sel secara logaritmik dan disebut dengan fase eksponensial. Reproduksi seluler paling aktif pada fase ini dan menunjukkan waktu generasi yang konstan sehingga grafik pertumbuhan berupa garis lurus. Metabolisme sel paling aktif pada fase log. Oleh karena itu, beberapa perlakuan terhadap sel, baik untuk isolasi protein tertentu dari dalam sel maupun manipulasi sel, sering dilakukan pada fase log. Selama fase log, bakteri menjadi lebih sensitif terhadap lingkungan yang buruk. Sebagai contoh, radiasi dan antibiotik dapat mempengaruhi beberapa tahap penting dalam proses pertumbuhan sel selama fase ini.

---

<sup>41</sup>Puspa Utari, *op.cit*, hal. 11.

### c. Fase Stasioner

Tingkat pertumbuhan melambat pada fase ini, jumlah sel yang mati mengimbangi jumlah sel yang baru dan populasi menjadi stabil. Aktivitas metabolisme juga melambat pada fase ini. Periode keseimbangan disebut dengan fasa stasioner.

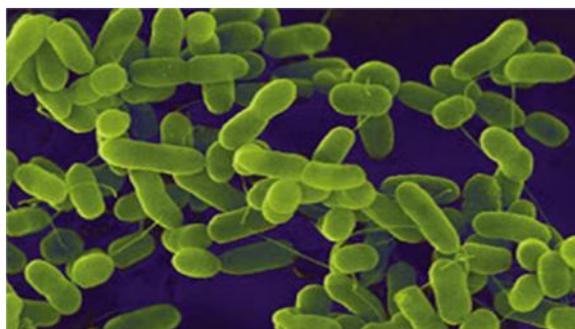
### d. Fase Kematian

Jumlah kematian sel pada akhirnya akan melampaui jumlah sel yang baru yang terbentuk dan populasi sel mulai memasuki fase kematian atau fase penurunan. Fase ini berlanjut sampai populasi menyusut menjadi fraksi kecil atau seluruh populasi mati. Beberapa spesies melalui seluruh rangkaian fase hanya dalam beberapa hari, tetapi spesies yang lain masih menyisakan sel yang dapat bertahan dalam jumlah yang sangat kecil.<sup>42</sup>

## 3. Bakteri Patogen pada Manusia

Bakteri patogen adalah bakteri yang dapat menyebabkan penyakit infeksi pada manusia.<sup>43</sup> Sebagai contoh adalah *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*:

### a. *Escherichia coli*



**Gambar II. 4** *Escherichia coli*

---

<sup>42</sup>Maksum Radji, M. Biomed, *op.cit*, hal. 34-26.

<sup>43</sup>*Ibid*, hal. 118.

Sistem klasifikasi *Escherichia coli* adalah sebagai berikut:

Divisio	: <i>Protophyta</i>
Subdivisio	: <i>Schizomycetea</i>
Kelas	: <i>Schizomycetes</i>
Ordo	: <i>Eubacteriales</i>
Familia	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i> <sup>44</sup>

*Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif yang secara normal terdapat pada saluran pencernaan manusia dan hewan. Bakteri ini juga menyebabkan terjadinya infeksi saluran urin dan diare. *Escherichia coli* tumbuh baik pada hampir semua media yang biasa dipakai di laboratorium mikrobiologi pada media yang dipergunakan untuk isolasi kuman enterik, sebagian besar strain *Escherichia coli* tumbuh sebagai koloni yang meragi laktosa. *Escherichia coli* bersifat mikroaerofilik. Beberapa strain bila ditanam pada agar darah menunjukkan hemolisis tipe beta.<sup>45</sup>

**b. *Staphylococcus aureus***



**Gambar II. 5** *Staphylococcus aureus*

---

<sup>44</sup>Eko Wahyu Soranta, *loc.cit*, hal. 11.

<sup>45</sup>*Ibid*, hal. 11-12.

Sistem klasifikasi *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut:

Divisio	: <i>Protophyta</i>
Subdivisio	: <i>Schizomycetea</i>
Kelas	: <i>Schizomycetes</i>
Ordo	: <i>Eubacteriales</i>
Famili	: <i>Micrococcaceae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i> . <sup>46</sup>

*Staphylococcus* berasal dari perkataan *staphyle* yang berarti kelompok buah anggur dan kokus yang berarti benih bulat. *Staphylococcus* berbentuk bola dengan diameter 1  $\mu\text{m}$  yang tersusun dalam bentuk kluster yang tidak teratur. *Staphylococcus* bersifat nonmotil dan tidak membentuk spora. Kuman ini sering ditemukan sebagai kuman flora normal pada kulit dan selaput lendir pada manusia. *Staphylococcus* dapat menjadi penyebab infeksi baik pada manusia maupun pada hewan. Beberapa jenis kuman ini dapat membuat enterotoksin yang dapat menyebabkan keracunan makanan. *Staphylococcus* cepat menjadi resisten terhadap beberapa antimikroba dan ini merupakan masalah besar pada terapi. *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan pneumonia, meningitis, empiema, endokarditis atau sepsis dengan supurasi di tiap organ.<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup>*Ibid*, hal. 12.

<sup>47</sup>*Ibid*, hal. 12-13.

## E. Antibakteri

Antibakteri adalah zat yang dapat mengganggu pertumbuhan atau bahkan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang merugikan. Mikroorganisme dapat menyebabkan bahaya karena kemampuan menginfeksi dan menimbulkan penyakit serta merusak bahan pangan. Antibakteri termasuk ke dalam antimikroba yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Berdasarkan aktivitasnya zat antibakteri dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bakteristatik dan bakterisida.

1. Bakteristatik adalah zat antibakteri yang memiliki aktivitas menghambat pertumbuhan bakteri (menghambat perbanyakan populasi bakteri), namun tidak mematikan.
2. Bakterisida adalah zat antibakteri yang memiliki aktivitas membunuh bakteri. Namun ada beberapa zat antibakteri yang bersifat bakteristatik pada konsentrasi rendah dan bersifat bakterisida pada konsentrasi tinggi.<sup>48</sup>

Mekanisme penghambatan mikroba oleh senyawa yang berpotensi sebagai antimikroba adalah sebagai berikut:

### 1. Merusak Dinding Sel

Pada umumnya bakteri memiliki suatu lapisan luar yang kaku disebut dinding sel (peptidoglikan). Sintesis dinding sel ini melibatkan sejumlah langkah enzimatik yang banyak diantaranya dihalangi oleh antimikroba. Rusaknya dinding sel bakteri misalnya karena pemberian enzim lisosim atau hambatan pembentukannya oleh karena obat antimikroba, dapat menyebabkan

---

<sup>48</sup>Anonim, Antibakteri, <http://id.wikipedia.org/wiki/Antibakteri>, diakses 22 April 2013.

sel bakteri lisis. Kerusakan dinding sel akan berakibat terjadinya perubahan-perubahan yang mengarah pada kematian sel karena dinding sel berfungsi sebagai pengatur pertukaran zat-zat dari luar dan ke dalam sel, serta memberi bentuk sel.

## 2. Mengubah Permeabilitas Membran Sel

Sitoplasma semua sel hidup dibatasi oleh selaput yang disebut membran sel yang mempunyai permeabilitas selektif, membran ini tersusun atas fosfolipid dan protein. Membran sel berfungsi untuk mengatur keluar masuknya zat antar sel dengan lingkungan luar, melakukan pengangkutan zat-zat yang diperlukan aktif dan mengendalikan susunan dalam diri sel. Proses pengangkutan zat-zat yang diperlukan baik ke dalam maupun keluar sel di mungkin karena di dalam membran sel terdapat enzim protein untuk mensintesis peptidoglikan komponen membran luar. Dengan rusaknya dinding sel, bakteri secara otomatis akan berpengaruh pada membran sitoplasma, beberapa bahan antimikroba seperti fenol, kresol, detergen dan beberapa antibiotik dapat menyebabkan kerusakan pada membran sel, bahan-bahan ini akan menyerang dan merusak membran sel sehingga fungsi semi permeabilitas membran mengalami kerusakan. Kerusakan pada membran sel ini akan mengakibatkan terhambatnya sel atau matinya sel.

## 3. Kerusakan Sitoplasma

Sitoplasma atau cairan sel terdiri atas 80% air, asam nukleat, protein, karbohidrat, lipid, ion anorganik dan berbagai senyawa dengan bobot molekul rendah. Kehidupan suatu sel tergantung pada terpeliharanya molekul-molekul

protein dan asam nukleat dalam keadaan alamiahnya. Konsentrasi tinggi beberapa zat kimia dapat mengakibatkan koagulasi dan denaturasi komponen-komponen seluler yang vital.

#### 4. Menghambat Kerja Enzim

Di dalam sel terdapat enzim dan protein yang membantu kelangsungan proses-proses metabolisme, banyak zat kimia telah diketahui dapat mengganggu reaksi biokimia misalnya logam-logam berat, golongan tembaga, perak, air raksa dan senyawa logam berat lainnya umumnya efektif sebagai bahan antimikroba pada konsentrasi relatif rendah. Logam-logam ini akan mengikat gugus enzim sulfhidril yang berakibat terhadap perubahan protein yang terbentuk. Penghambatan ini dapat mengakibatkan terganggunya metabolisme atau matinya sel.

#### 5. Menghambat Sintesis Asam Nukleat dan Protein

DNA, RNA dan protein memegang peranan amat penting dalam sel, beberapa bahan antimikroba dalam bentuk antibiotik misalnya kloramfenikol, tetrasilin, prumysin menghambat sintesis protein. Sedangkan sintesis asam nukleat dapat dihambat oleh senyawa antibiotik misalnya mitosimin. Bila terjadi gangguan pada pembentukan atau pada fungsi zat-zat tersebut dapat mengakibatkan kerusakan total pada sel.<sup>49</sup>

### **F. Uji Aktivitas Antibakteri**

Uji aktivitas antibakteri bisa dilakukan dengan 2 cara yaitu:

---

<sup>49</sup>Mufid Khunaifi, *op.cit*, hal. 30-32

## 1. Dilusi Cair atau Dilusi Padat

Pada prinsipnya antibiotik diencerkan hingga diperoleh beberapa konsentrasi. Pada dilusi cair, masing-masing konsentrasi obat ditambah suspensi kuman dalam media, sedangkan pada dilusi padat tiap konsentrasi obat dicampur dengan media agar lalu ditanami kuman.<sup>50</sup>

## 2. Difusi

Pada metode difusi ini ada beberapa cara, yaitu :

### a. Cara Kirby Bauer

Koloni kuman diambil dari pertumbuhan 24 jam pada agar, disuspensi ke dalam 0,5 ml BHI cair, diinkubasi 5-8 jam pada 37°C. Kemudian suspensi di atas ditambah aquades steril hingga kekeruhan tertentu sesuai dengan standar konsentrasi kuman 10<sup>8</sup> CFU per ml (CFU: *Colony Forming Unit*). Kapas lidi steril dicelupkan ke dalam suspensi kuman lalu ditekan-tekan pada dinding tabung hingga rata. Kemudian meletakkan kertas samir (disk) yang mengandung antibiotik di atasnya, diinkubasi pada 37°C selama 19-24 jam.<sup>51</sup>

### b. Cara Sumuran

Koloni kuman diambil dari pertumbuhan 24 jam pada agar, disuspensi ke dalam 0,5 ml BHI cair, diinkubasi 5-8 jam pada 37°C. Suspensi di atas ditambah akuades steril hingga kekeruhan tertentu sesuai dengan standar konsentrasi kuman 10<sup>8</sup> CFU per ml. Kapas lidi steril dicelupkan ke dalam suspensi kuman lalu ditekan-tekan pada tabung hingga

---

<sup>50</sup>Scribd, Makalah Hasil, <http://www.scribd.com/mobile/doc/51028497>, diakses 3 April 2013.

<sup>51</sup>*Ibid*, hal. 20.

rata. Pada agar tersebut dibuat sumuran dengan garis tengah tertentu menurut kebutuhan. Sumuran tersebut ditetesi larutan antibiotik yang digunakan kemudian diinkubasi pada 37°C selama 18-24 jam setelah itu hasilnya dibaca, seperti pada cara Kirby Bauer.<sup>52</sup>

### c. Cara Pour Plate

Mengambil beberapa koloni kuman dari pertumbuhan 24 jam pada agar, disuspensikan ke dalam 0,5 ml BHI cair, diinkubasi 5-8 jam pada 37°C. Suspensi di atas ditambah aquades steril hingga kekeruhan tertentu sesuai dengan standar 20 konsentrasi kuman  $10^8$  CFU per ml. Mengambil satu mata ose dengan ose khusus dan dimasukkan dalam 4 ml agar base 1,5% yang mempunyai temperatur 50°C (diambil dari penangas air). Setelah suspensi kuman tersebut dibuat homogen, dituangkan pada media Mueller Hinton Agar. Menunggu sampai membeku kemudian meletakkan disk antibiotik. Diinkubasi selama 15-20 jam dengan temperatur 37°C. Membaca masing-masing antibiotik dengan menyesuaikan standar.<sup>53</sup>

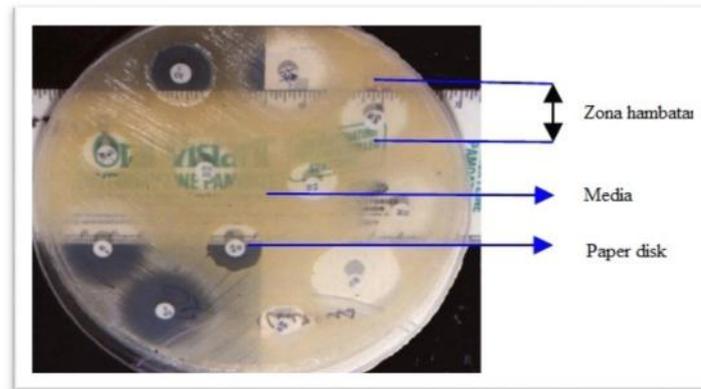
Metode Kirby-Bauer atau metode difusi disk merupakan cara yang paling banyak dipakai untuk menentukan kepekaan kuman terhadap berbagai macam antibiotik. Pada metode difusi disk digunakan cakram kertas saring yang mengandung suatu obat (antibakteri) dengan konsentrasi tertentu yang ditempelkan pada lempeng agar yang telah ditanami kuman. Hambatan (killing zone) akan tampak sebagai daerah yang tidak memperlihatkan pertumbuhan kuman disekitar cakram. Lebar daerah

---

<sup>52</sup>*Ibid*, hal. 20.

<sup>53</sup>*Ibid*, hal. 20-21.

hambatan tergantung ada atau tidaknya daya serap obat kedalam agar dan kepekaan kuman terhadap obat tersebut.<sup>54</sup>



**Gambar II. 6** Zona Hambat Aktivitas Antibakteri

Interpretasi hasil pengujian difusi disk dapat dilihat dari dua alternatif. Pertama ialah apabila di sekitar paper disk terdapat zona (daerah) bening tanpa pertumbuhan bakteri, hal ini dinyatakan positif, berarti obat tradisional yang diuji mempunyai daya antimikroba. Alternatif kedua ialah apabila di sekitar paper disk tidak terdapat zona bening yang bebas dari pertumbuhan bakteri, dinyatakan negatif yang berarti obat tradisional yang diuji tersebut tidak mempunyai daya antimikroba.<sup>55</sup>

---

<sup>54</sup>*Ibid*, hal. 21.

<sup>55</sup>*Ibid*, hal. 21.