

## BAB II

### KAJIAN TEORITIS

#### A. KAJIAN TEORI

##### 1. Bakteri coliform

Bakteri coliform adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri coliform merupakan parameter mikrobiologis terpenting bagi kualitas air minum. Kelompok bakteri coliform antara lain, *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, dan *Citrobacter freundii*.

Bakteri-bakteri indikator tersebut umumnya adalah bakteri yang lazim terdapat dan hidup pada usus manusia sehingga dengan adanya bakteri tersebut pada air atau makanan dapat menunjukkan bahwa dalam satu atau lebih tahap pengolahan air atau makanan pernah mengalami kontak dengan kotoran yang berasal dari usus manusia dan oleh sebab itu kemungkinan terdapat bakteri patogen lain yang berbahaya. Ada tiga jenis bakteri yang dapat digunakan untuk menunjukkan adanya masalah sanitasi salah satunya, yaitu *Escherichia coli*.

Ciri-ciri bakteri *Escherichia coli* antara lain merupakan bakteri dari kelompok gram negatif, berbentuk batang, berdiameter  $\pm 1,1 - 1,5 \times 2,0 - 6,0 \mu\text{m}$ , tidak berspora, bersifat aerobik atau anaerobik fakultatif, penghuni normal usus, seringkali menyebabkan infeksi.

Golongan bakteri Coli, merupakan jasad indikator di dalam substrat air, bahan-makanan, dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya, yang

mempunyai persamaan sifat : Gram negatif berbentuk batang, tidak mempunyai spora dan mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperatur 37<sup>0</sup>C dengan membentuk asam dan gas di dalam waktu 48 jam. (Unus, S., 1993 : 74). Bakteri *coliform* dapat dibedakan atas 2 grup yaitu : (1) *Coliform fecal*, misalnya *Escherichia coli*, dan (2) *Coliform non-fecal*, misalnya *Enterobacter aerogenes* (Fardiaz, 1993 dalam Widiyanti dan Ristiati 2004 : 68). *Coliform fecal* adalah bakteri *Coliform* yang berasal dari tinja manusia atau hewan berdarah panas lainnya, sedangkan *Coliform non-fecal* adalah bakteri *Coliform* yang ditemukan pada hewan atau tanaman-tanaman yang telah mati. Kuman ini mampu menimbulkan penyakit pada tiap jaringan tubuh manusia. (Alcamo, 1996 dalam Kurniawan, 2009 : 3).

Menurut Pracoyo (2006 dalam Natalia, LA., *et.al*, 2014 : 34) keberadaan bakteri coliform dalam air sangat mempengaruhi baik buruknya kualitas air minum. Semakin sedikit kandungan bakteri coliform pada air minum, maka semakin baik kualitas air minum tersebut. Sedangkan semakin banyak jumlah bakteri coliform dalam air minum, maka semakin buruk kualitas air minum tersebut.

Bakteri coliform secara umum memiliki sifat dapat tumbuh pada media agar sederhana, koloni sirkuler dengan diameter 1-3 mm, sedikit cembung, permukaan koloni halus, tidak berwarna atau abu-abu dan jernih (Farida 2009 dalam Natalia, LA., *et.al*, 2014 : 34)

## 2. *Escherichia coli*

Klasifikasi ilmiah *Escherichia coli*

Domain	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Order	: Enterobacteriales
Family	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>

*Escherichia coli* adalah spesies bakteri yang ditemukan dalam usus manusia dan hewan sehat dan diperlukan untuk membantu dalam pemecahan selulosa dan penyerapan vitamin K (yang membantu pembekuan darah). Namun, bakteri ini sering kali menjadi penyebab infeksi saluran kemih, diare pada bayi, dan infeksi luka.

*Escherichia coli* merupakan penghuni normal dalam saluran pencernaan manusia dan hewan, maka digunakan secara luas sebagai indikator pencemaran. Bakteri ini juga mengakibatkan banyak infeksi pada saluran pencernaan makanan (enterik) manusia dan hewan, juga penyebab penyakit pada beberapa tanaman. (Pelczar, M.J, Jr., dan E.C.S Chan 2006 :169).

*Escherichia coli* adalah salah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif. Pada umumnya bakteri-bakteri yang ditemukan oleh Theodor Escherichia ini, dapat menyebabkan masalah bagi kesehatan bagi manusia seperti diare, muntaber dan masalah pencernaan lainnya. Oleh karena itu air dapat menjadi

sumber atau perantara berbagai penyakit seperti tipus, disentri, dan kolera. Bakteri-bakteri yang dapat menyebabkan penyakit tersebut adalah *Salmonella typhosa*, *Shigella dysenteriae*, dan *Vibrio koma* (Widiyanti dan Ristiati 2004 : 64).

*Escherichia coli* merupakan bakteri indikator kualitas air minum karena keberadaannya di dalam air mengindikasikan bahwa air tersebut terkontaminasi oleh feses, yang kemungkinan juga mengandung mikroorganisme enterik patogen lainnya (Tortora, 2004 dalam Radji *et. al*, 2010).

Organisme yang paling umum digunakan untuk petunjuk adanya kontaminasi mikroorganisme pada air minum adalah keberadaan *Escherichia coli*. Mengonsumsi air minum yang mengandung bakteri tersebut dapat mengakibatkan timbulnya penyakit.

*Escherichia coli* berasal dari limbah manusia dan hewan. Selama hujan, air membawa limbah dari kotoran hewan dan manusia meresap ke dalam tanah atau mengalir dalam sumber air. *E. coli* dapat masuk ke dalam air sungai, danau, atau air tanah. Apabila sumber air tanah dan perairan ini digunakan sebagai sumber air minum dan tidak melalui proses pengolahan air yang baik maka *E. coli* mungkin sekali berakhir dalam air minum.

Adanya *Escherichia coli* menunjukkan suatu tanda praktek sanitasi yang tidak baik karena *Escherichia coli* bisa berpindah dengan pemindahan pasif lewat makanan, air, susu dan produk-produk lainnya. *Escherichia coli* yang terdapat pada makanan atau minuman yang masuk kedalam tubuh manusia dapat menyebabkan gejala seperti kholera, disentri, gastroenteritis, diare dan berbagai

penyakit saluran pencernaan lainnya (Nurwanto, 2007 dalam Kurniadi *et. al*, 2013).

### **3. Air Minum**

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Menurut Soemirat (2004 dalam Bambang, A.G., *et. al*. 2014 : 326), syarat air minum ialah harus aman diminum artinya bebas mikroba patogen dan zat berbahaya dan diterima dari segi warna, rasa, bau dan kekeruhannya.

Tidak semua sistem pengolahan air di rumah tidak dapat menjamin hal ini. Sistem Reverse Osmosis (RO) merupakan salah satu sistem yang dapat diandalkan. Namun perlu diketahui bahwa *E. coli* dapat saja masuk kembali ke dalam air minum yang telah melalui proses sistem filtrasi, misalnya dari udara, wadah yang tidak steril atau dari kontak dengan tangan atau benda yang telah terkontaminasi kotoran hewan atau manusia.

Air minum harus steril (steril = tidak mengandung hama penyakit apapun). Sumber-sumber air minum pada umumnya dan di daerah pedesaan khususnya tidak terlindung sehingga air tersebut tidak atau kurang memenuhi persyaratan kesehatan. Untuk itu perlu pengolahan terlebih dahulu.

Pengolahan air untuk diminum dapat dikerjakan dengan 2 cara, berikut :

- a. Menggodok atau mendidihkan air, sehingga semua kuman-kuman mati. Cara ini membutuhkan waktu yang lama dan tidak dapat dilakukan secara besar-besaran.
- b. Dengan menggunakan zat-zat kimia seperti gas chloor, kaporit, dll. Cara ini dapat dilakukan secara besar-besaran.

Agar air minum tidak menyebabkan penyakit , maka air tersebut hendaknya diusahakan memenuhi persyaratan-persyaratan kesehatan, setidaknya diusahakan mendekati persyaratan tersebut. Air yang sehat harus mempunyai persyaratn sebagai berikut :

a. Syarat fisik

Persyaratan fisik untuk air minum yang sehat adalah bening (tidak berwarna), tidak berasa, suhu dibawah suhu udara diluarnya. Cara mengenal air yang memenuhi persyaratan fisik ini tidak sukar.

b. Syarat bakteriologis

Air untuk keperluan minum yang sehat harus bebas dari segala bakteri patogen. Cara untuk mengetahui apakah air minum terkontaminasi oleh bakteri patogen adalah dengan memeriksa sampel air tersebut. Dan bila dari pemeriksaan 100 cc air terdapat kurang dari 4 bakteri *E. Coli* maka air tersebut sudah memenuhi syarat kesehatan.

c. Syarat kimia

Air minum yang sehat harus mengandung zat-zat tertentu didalam jumlah yang tertentu pula. Kekurangan atau kelebihan salah satu zat kimia dalam air akan menyebabkan gangguan fisiologis pada manusia. Air minum di pedesaan yang berasal dari mata air dan sumur adalah dapat diterima sebagai air yang sehat dan memenuhi ketiga persyaratan tersebut diatas asalkan tidak tercemar oleh kotoran-kotoran terutama kotoran manusia dan binatang.

Air yang sehat menurut badan kesehatan dunia (WHO) adalah air yang terbebas dari segala jangkitan kuman baik yang terlihat maupun yang tidak terlihat dengan kasat mata.

Menurut para ahli di bidang air minum, ada beberapa jenis air minum yang saat ini beredar di pasaran bebas :

d. Air Artesian

Berasal dari sumber yang terlindungi (aquifier), level sumber air harus berada dalam ketinggian tertentu di atas sumber air aquifier; Dikenal juga dengan air sumur artesian.

e. Air Distilasi

Air yang telah diubah menjadi uap untuk menghilangkan segala unsur yang ada pada sumber, Uap kemudian di dinginkan untuk menjadi air yang layak diminum – tanpa mineral apapun, Karena bersifat tidak mengandung mineral apapun, air distilasi sering dipergunakan untuk fabrikasi obat-obatan dan juga sebagai campuran obat-obatan kering.

f. Air ber-fluor

Mengandung fluor yang ditambahkan pada air, dengan jumlah sesuai dengan jumlah sesuai dengan ketentuan departement kesehatan; Beberapa sumber mata air dan sumur artesian mengandung fluor secara alami, dalam jumlah yang sedikit.

g. Air Mineral

Harus mengandung tidak kurang dari 250 ppm (parts per million) total dissolved solids (TDS) atau total unsur padat yang biasanya adalah mineral di dalam air; Harus diambil dari sumber air bawah tanah yang secara geologis maupun fisik terlindungi; Dibedakan dari jenis air lain dengan ditemukannya berbagai jenis mineral di dalam air; Pada air mineral tidak boleh diberikan mineral tambahan.

h. Air Purifikasi

Di produksi secara distilisasi, ionisasi, reverse osmosis atau methoda lain yang sesuai dan diperbolehkan oleh standard purifikasi air yang berlaku; Biasa juga disebut sebagai air demin (demineralised water – air tanpa mineral)

i. Air karbonasi

Berisi carbon dioxide setelah melalui perlakuan khusus; Air soda, air tonic bukan air minum & dimasukkan dalam kategori.

j. Air sumber gunung (mengalir sendiri)

Didapat dari bawah tanah dan mengalir dengan sendirinya menuju ke permukaan bumi; Keluar dari bawah bumi, dari bentuk-bentuk yang terjadi pada jaman dahulu kala; Harus diambil dari mata air langsung atau melalui pengeboran untuk menampung & mencari lokasi air sumber bawah tanah ini.

Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang diproses dengan distilasi atau reverse osmosis tidak banyak mengandung ion fluor yang seringkali ditemukan di dalam air tanah. Air ini dapat meningkatkan kemungkinan kerusakan gigi karena kurangnya elemen ini, apabila tidak ditambah dengan pasokan fluor dari sumber makanan dan minuman lain.

AMDK yang mengandung terlalu banyak mineral dan tidak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia yang berlaku, juga tidak baik untuk tubuh dan konsumsi yang berlebihan akan menimbulkan hypercalcemia (kondisi kelebihan kalsium) yang akan meningkatkan resiko batu ginjal dalam jangka waktu panjang.

#### **4. Depot Air Minum Isi Ulang**

Usaha depot air minum (DAM) dimulai sekitar tahun 1999 dimana saat itu Indonesia sedang mengalami krisis moneter yang berakibat kepada pencarian alternatif untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari termasuk air minum dengan biaya yang lebih murah (Amrih, 2005 dalam Prihatini, R. 2012 : 2). Sejak tahun 1997, keberadaan DAM mulai berkembang, mulai dari 400 depot hingga tahun 2005 jumlahnya lebih kurang 6.000 DAM dan tersebar di berbagai daerah di Indonesia mulai dari wilayah padat penduduk hingga wilayah yang sulit mengakses air bersih (Pratiwi, 2007 dalam Prihatini, R. 2012 : 2).

Depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada pembeli. Pengujian mutu produk wajib dilakukan oleh depot air minum di Laboratorium Pemeriksaan Kualitas Air yang ditunjuk oleh Pemerintah Kabupaten/Kota atau yang terakreditasi sekurang-kurangnya 6 (enam) bulan sekali. Pengujian tersebut bertujuan menjamin mutu produk air minum yang dihasilkan, mendukung terciptanya persaingan usaha yang sehat, dan sebagai upaya perlindungan kepada konsumen. (Wandrivel, R. *et, al.* 2012 : 129-130).

Depot air minum isi ulang (DAMIU) adalah badan usaha yang mengelola air minum untuk keperluan masyarakat dalam bentuk curah dan tidak dikemas.

Ditinjau dari harganya air minum isi ulang (AMIU) lebih murah dari air minum dalam kemasan (AMDK), bahkan ada yang mematok harga hingga 1/4 dari harga AMDK. (Suprihatin, B., dan Adriyani, R. 2008 : 82).

Depot air minum adalah usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen. Air baku yang digunakan Depot Air Minum harus memenuhi standar mutu dan persyaratan kualitas air minum sebagaimana diatur dalam peraturan Menteri Kesehatan (Pandiangan, 2012 : 2).

Air minum isi ulang adalah suatu usaha yang menyediakan air minum yang di isi ulang, usaha depot air isi ulang merupakan salah satu usaha yang banyak berkembang pesat. Dengan margin Profit yang cukup tinggi, mendorong munculnya depot air isi ulang dimana mana.

Kebanyakan masyarakat memilih depot penyedia air minum isi ulang yang ada di pinggir jalan. Selain harganya yang jauh lebih murah, biasanya letaknya yang mudah dijangkau menambah popularitas air minum isi ulang tersebut. Produk air minum isi ulang tidak dapat di pasarkan melalui toko ataupun distributor. Air minum isi ulang biasanya di jual dengan harga berkisar Rp. 3.500 – Rp. 12.000.

Beberapa Jenis Depot Air Minum Isi Ulang Berdasarkan Teknologinya :

- a. Depot air minum isi ulang air mineral

Depot air minum isi ulang ini memproses air dengan menggunakan teknologi sederhana, yaitu menggunakan beberapa *pre-treatment* dan desinfektan untuk membunuh bakteri. Sehingga mineral atau partikel yang terdapat dalam air, tetap

dipertahankan. Untuk depot air minum isi ulang jenis ini diperlukan air dengan kualitas baik.

b. Depot air minum isi ulang Reverse Osmosis

Untuk sistem yang kedua ini, selain digunakan *pre-treatment* untuk mengolah air bakunya. Digunakan juga sistem penyaringan menggunakan reverse osmosis. Penyaringan melewati membran semi permeabel dilakukan setelah air diproses menggunakan pretreatment.

Dengan digunakan teknologi reverse osmosis, partikel terlarut, bakteri ataupun virus tersaring berkisar 95-98%. Sehingga air yang di hasilkan melalui penyaringan reverse osmosis ini hampir mendekati kategori air murni (total Dissolved Solid 0-10ppm).

## **5. Kecamatan Bandung Wetan**

Bandung Wetan adalah sebuah kecamatan di Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Secara keseluruhan, luas kecamatan yang berada pada ketinggian 675 meter di atas permukaan air laut ini mencapai 329 Ha yang digunakan untuk : perumahan penduduk, jalur hijau, sarana peribadatan (masjid, musholla, dan gereja), sarana pendidikan (TK, SD, SMP, SMA, dan Perguruan tinggi), sarana kesehatan (puskesmas, poliklinik, dan apotik), kantor pemerintah, dan lain sebagainya.

Sebagaimana di kota besar lainnya di Indonesia, DAMIU juga telah menjadi alternatif bagi penduduk di Kecamatan Bandung Wetan dalam pemenuhan kebutuhan air minum. Konsumsi air minum isi ulang lebih banyak dibandingkan dengan air minum dalam kemasan, dikarenakan harga air minum isi

ulang relatif lebih murah bila dibandingkan dengan air minum kemasan, yaitu sepertiga hingga seperempat dari harga air kemasan. Harga air minum isi ulang lebih murah, karena untuk membuka DAMIU tidak diperlukan biaya pengemasan dan pengiriman, selain itu tidak dibutuhkan modal yang besar untuk membuka usaha ini. Meski lebih murah, tidak semua depot air minum isi ulang terjamin keamanan produknya, hal ini terjadi karena lemahnya pengawasan dari dinas terkait. Pengawasan yang kurang terhadap depot air minum isi ulang tersebut mengakibatkan proses produksi tidak terawasi dengan baik. Hal ini memungkinkan mutu air minum isi ulang yang dihasilkan tidak memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan. Air minum yang aman haruslah memenuhi standar yang telah ditetapkan mulai dari aspek fisik, kimia, mikrobiologi, dan radioaktif sesuai dengan Permenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010.

### **B. Analisis dan Pengembangan Materi Pelajaran yang Diteliti**

Analisis Jumlah Bakteri Coliform Pada Depot Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Bandung Wetan berkaitan dengan salah satu Kompetensi Dasar kurikulum 2013 kelas X semester 1 yaitu pada KD 3.4 Menerapkan prinsip klasifikasi untuk menggolongkan *Archaeobacteria* dan *Eubacteria* berdasarkan ciri-ciri dan bentuk melalui pengamatan secara teliti dan sistematis. Dimana yang menjadi materi pelajaran adalah *Archaeobacteria* dan *Eubacteria*.

Beberapa aspek yang akan dibahas pada materi *Archaeobacteria* dan *Eubacteria* diantaranya adalah keluasan dan kedalaman materi, karakteristik

materi, bahan dan media pembelajaran, strategi pembelajaran dan sistem pembelajaran.

### 1. Keluasan dan kedalaman materi

Archaeobacteria (arkebakteri) dan Eubacteria (bakteri) awalnya termasuk dalam kingdom Monera. Ciri khasnya adalah disusun oleh sel prokariota, yaitu sel yang tidak memiliki membran nukleus. Oleh karena itu, ada yang menyebutnya sebagai kelompok Prokariota.

**Tabel 2.1. Perbandingan ciri Archaeobacteria, Eubacteria, dan Eukarya**

ciri	Archaeobacteria	Eubacteria	Eukarya
Membran nukleus	Tidak ada	Tidak ada	Ada
Organel yang terbungkus oleh membran	Tidak ada	Tidak ada	Ada
Peptidoglikan dalam dinding sel	Tidak ada	Ada	Tidak ada
Respons terhadap antibiotik	Pertumbuhan tidak terhambat	Pertumbuhan terhambat	Pertumbuhan tidak terhambat
Kemampuan untuk hidup pada suhu $>100^{\circ}\text{C}$	Beberapa spesies	Tidak ada	Tidak ada

Sumber (Priadi, A. 2009 : 23).

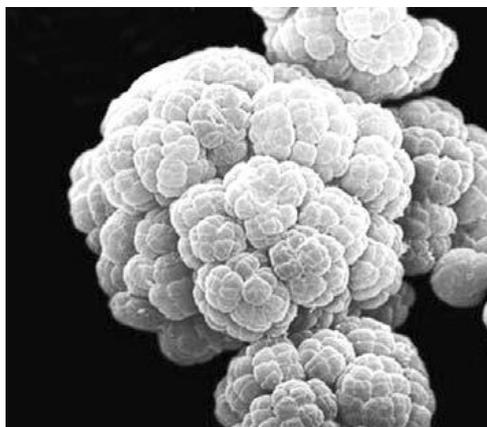
#### a. Archaeobacteria

Kelompok Archaeobacteria merupakan organisme yang menempati daerah yang ekstrim seperti sumber air panas dan air dengan kadar garam (salinitas) tinggi. Para ilmuwan mengelompokkan Archaeobacteria ke dalam tiga kelompok,

yaitu **Metanogenik**, **Halofilik** dan **Termofilik** (Start and Taggart, 1995 dalam Ferdinand, F. 2009 : 35).

### 1) **Metanogenik**

Kelompok Archaeobacteria ini bersifat anaerobik dan kemosintetik. Bakteri ini memperoleh makanan dengan mereduksi CO<sub>2</sub> menggunakan H<sub>2</sub> menjadi metana (CH<sub>4</sub>). Hidup di rawa-rawa dan danau yang kekurangan oksigen karena konsumsi mikroorganisme lain. Metanogenik juga berperan dalam pembusukan sampah dan kotoran ternak. Metanogenik merupakan bakteri utama dalam pembentukan biogas atau gas metana. Beberapa bakteri metanogenik bersimbiosis dalam rumen herbivora dan hewan pengonsumsi selulosa lainnya. Contohnya *Methanosarcina mazei*.



Gambar 2.1. *Methanosarcina mazei*.

**Sumber:** [www.visualunlimited.com](http://www.visualunlimited.com); [www.lbl.gov](http://www.lbl.gov)

### 2) **Halofilik**

Bakteri Halofilik (*halo*: garam, *philis*: suka) ini hidup pada lingkungan dengan kadar garam tinggi dan sebagian memerlukan kadar garam 10 kali lebih tinggi

daripada air laut untuk dapat hidup. Beberapa bakteri halofilik dapat berfotosintesis dan memiliki zat warna yang disebut *bacteriorhodopsin*.

### 3) Termofilik

Sesuai dengan namanya (*thermo*: panas, *philis*: suka), Archaeobacteria ini hidup di tempat dengan suhu 60°C hingga 80°C. Beberapa bakteri termofilik mampu mengoksidasi sulfur, seperti *Sulfolobus* yang hidup di mata air sulfur. Bahkan, beberapa spesies mampu hidup dekat rekahan dasar laut dengan suhu 105°C. (Ferdinand, F. 2009 : 36).



Gambar 2.2. Bakteri Termofilik dapat hidup di rekahan dasar laut.

Sumber: [www.visualunlimited.com](http://www.visualunlimited.com); [www.lbl.gov](http://www.lbl.gov)

#### b. Ciri-ciri *Archaeobacteria*

*Archaeobacteria* secara kimia berbeda dengan organisme prokariota yang lain. Ciri-ciri archaeobacteria antara lain sebagai berikut :

- 1) Memiliki membran sel, materi genetika yang tersusun dari RNA, dan dinding sel bukan dari peptidoglikan,. Materi genetika *Archaeobacteria* mengapung pada bagian yang disebut *nukleoid*.

- 2) Ditemukan di lingkungan yang ekstrem, seperti sumber air panas, kawah gunung berapi, atau danau asin.
- 3) Memiliki ukuran yang kecil seperti bakteri, yaitu antara 0,2-10  $\mu\text{m}$ .
- 4) Baik *Archaeobacteria* maupun bakteri umumnya bereproduksi dengan cara aseksual, yaitu membelah diri. Hanya sebagian kecil saja yang melangsungkan reproduksi seksual. (Priadi, A. 2013 : 24).

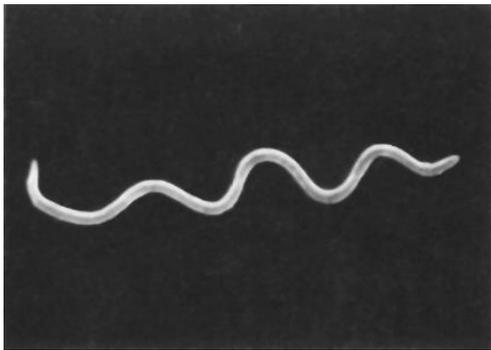
### c. Eubacteria (Bakteri)

Bakteri merupakan organisme bersel tunggal yang hidup bebas di mana-mana. Bakteri berukuran sangat kecil, yaitu hanya 0,2–10 mikrometer (1 mikrometer = 1/1000 milimeter).

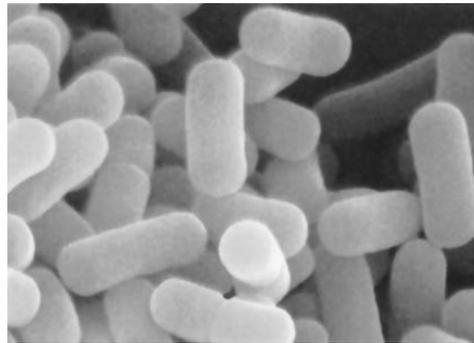
Bakteri memegang peranan penting dalam kehidupan di bumi. Kehidupan makhluk hidup lain, seperti hewan, tumbuhan, dan manusia sangat bergantung pada bakteri. Bakteri berguna dalam mendegradasi atau merombak sampah dan jasad mati. Bakteri juga berguna untuk mengubah komponen-komponen organik menjadi anorganik agar dapat diserap oleh tumbuhan.

### d. Bentuk Bakteri

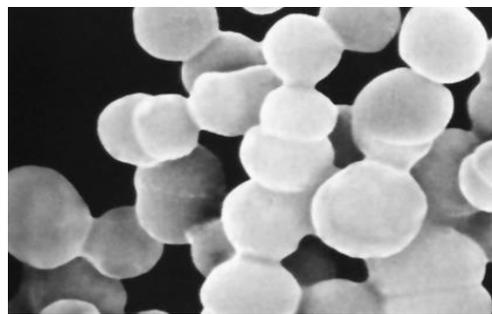
Bakteri mempunyai bentuk yang bermacam-macam. Bentuk bakteri yang paling dikenal adalah batang atau **basil** (tunggal: basilus), bulat atau **cocci** (tunggal: coccus), dan spiral atau **spirila** (tunggal: spirillum).



Gambar 2.3. Bentuk bakteri Spiral



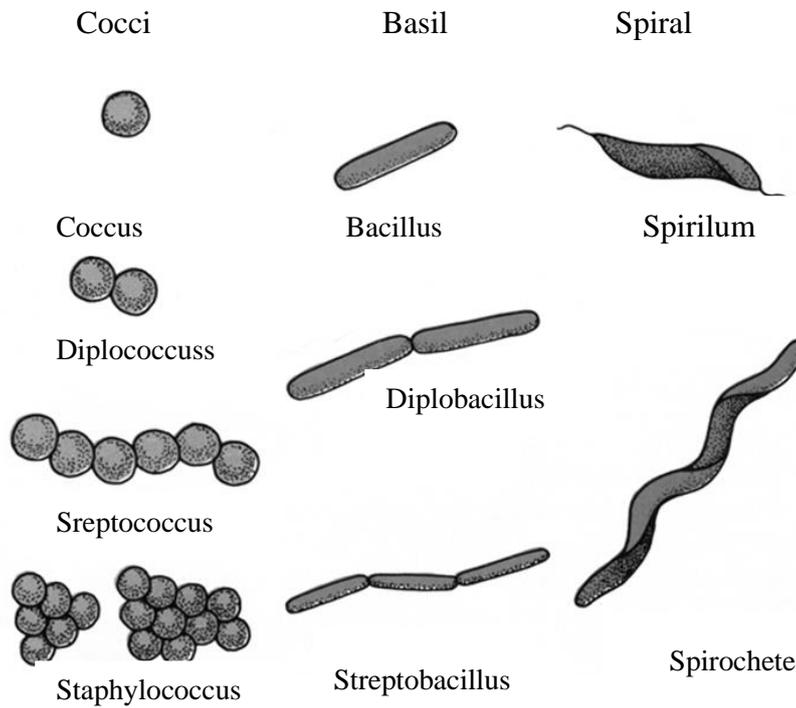
Gambar 2.4. Bentuk bakteri Batang



Gambar 2.5. bentuk bakteri Bulat

**Sumber:** Biology Concepts & Connections, 2006

Bakteri coccus ada yang tersusun sendiri (**monococcus**) atau berkelompok. Bentuk kelompok bakteri, yaitu bergandengan (**diplococcus**), untaian anggur (**staphylococcus**), rantai (**streptococcus**), dan tersusun delapan-delapan (**sarcina**). Bakteri bacillus ada yang berdiri sendiri (**monobacillus**), berpasangan (**diplobacillus**), dan membentuk rantai (**streptobacillus**). Bakteri spiral ada yang berbentuk koma (**vibrio**), spiral, dan spiroseta (**spirochete**).

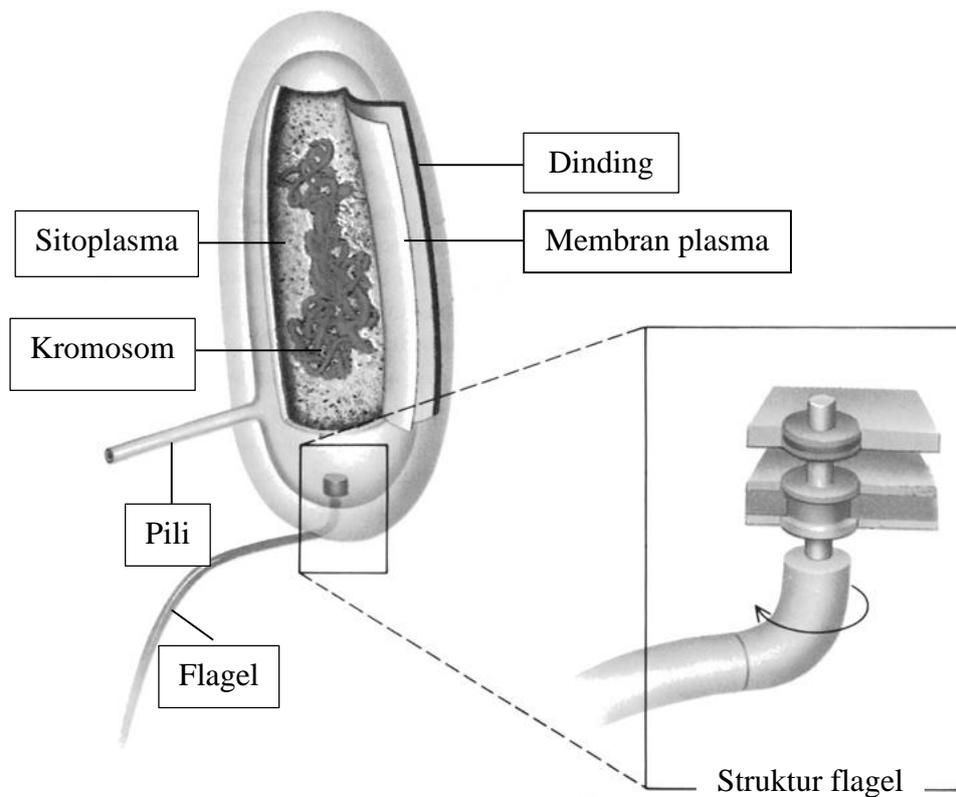


Gambar 2.6. Berbagai bentuk bakteri

**Sumber:** Heath Biology, 1985

#### e. Struktur Tubuh Bakteri

Bakteri mempunyai tiga komponen pada tubuhnya, yaitu dinding sel, membran plasma, dan sitoplasma. Dinding sel bakteri mengandung material yang disebut **peptidoglikan**. Peptidoglikan disusun oleh rantai gula yang berikatan dengan peptida (rantai pendek asam amino). (Ferdinand, F. 2009 : 31 - 32).



Gambar 2.7. struktur tubuh bakteri secara umum

**Sumber:** Biology: the unity & diversity of Life, 1995

#### **f. Reproduksi Bakteri**

Bakteri bereproduksi secara aseksual dan seksual.

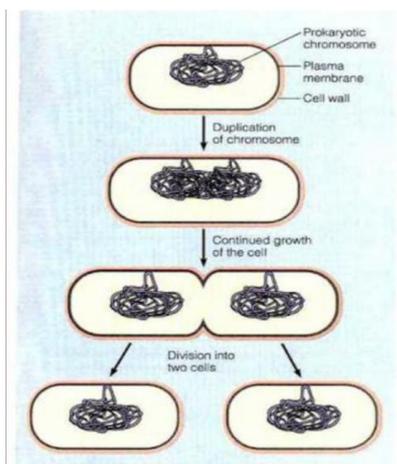
##### 1) Reproduksi Aseksual

Reproduksi aseksual dilakukan dengan pembelahan biner. Pembelahan biner adalah proses pembelahan sel yang diawali dengan penggandaan kromosom, dilanjutkan dengan pembagian sitoplasma. Apabila sitoplasma telah terbagi menjadi dua bagian, maka akan terbentuk dinding pemisah sehingga dihasilkan dua anak sel. Proses pembelahan biner biasanya terjadi setiap 20 menit.

## 2) Reproduksi Seksual

Reproduksi seksual bakteri merupakan proses pertukaran materi genetika melalui transformasi, konjugasi, dan transduksi.

- a) Konjugasi adalah perpindahan materi genetika yang melibatkan penyatuan sebagian kromosom bakteri donor dan resipien. Proses konjugasi diawali dengan saling melekatnya pili seks masing-masing bakteri. Kedua bakteri saling memindahkan sebagian DNA yang dimiliki ke bakteri pasangannya melalui pili tersebut. Selanjutnya, kedua bakteri berpisah dan masing-masing akan membelah diri.
- b) Transformasi adalah proses pemindahan sebagian materi genetika dari bakteri donor ke bakteri resipien.
- c) Transduksi adalah proses perpindahan materi genetika dari bakteri donor ke bakteri resipien yang dibantu oleh virus. (Priadi, A. 2013 : 27).



Gambar 2.8. pembelahan biner sel bakteri  
**Sumber** : web.ipb.ac.id



Gambar 2.9. konjugasi pada bakteri  
**Sumber** : aguskrisnoblog.wordpress.com

### **g. Pengelompokan Eubacteria**

Menurut Campbell (1998 : 510), Eubacteria dibagi menjadi lima kelompok, yaitu Proteobacteria, bakteri Gram positif, Cyanobacteria, Spirochetes, dan Chlamydias.

#### 1) Proteobacteria

Proteobacteria dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu bakteri ungu kemoautotrof, Proteobacteria kemoautotrof, dan Proteobacteria kemoheterotrof.

#### 2) Bakteri gram positif

Kelompok bakteri ini beberapa anggotanya dapat berfotosintesis dan sebagian lagi ada yang bersifat kemoheterotrof. Dapat berbentuk endospora ketika keadaan lingkungan kurang menguntungkan. Contoh bakteri ini misalnya *Clostridium* dan *Bacillus*.

#### 3) Spirochetes

Bakteri ini memiliki bentuk sel heliks, memiliki panjang sampai 0,25 mm. Kelompok bakteri ini bersifat kemoheterotrof. Ada yang hidup bebas dan ada yang patogen seperti *Treponema pallidum* yang menyebabkan sifilis.

#### 4) Chlamydias

Bakteri ini merupakan patogen beberapa penyakit. Energi untuk beraktivitas diperoleh dari inangnya. Contohnya adalah *Chlamydias trachomatis*.

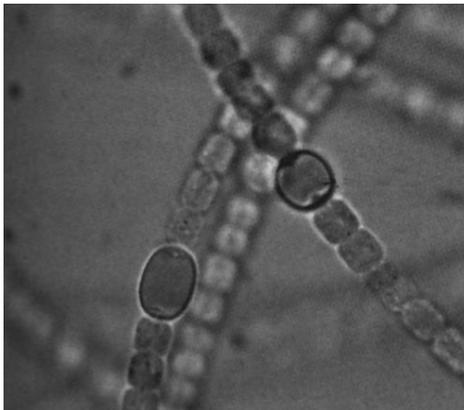
#### 5) Cyanobacteria

Cyanobacteria dahulu dikenal dengan nama ganggang hijau-biru (*bluegreen algae*) serta dimasukkan dalam kelompok alga eukariotik. Akan tetapi, belakangan diketahui bahwa alga ini termasuk prokariotik. Oleh karena itulah,

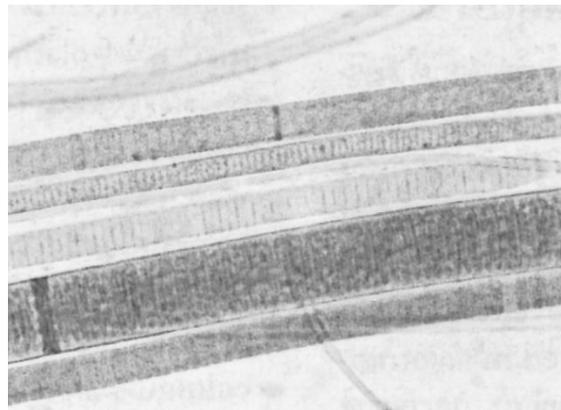
ganggang hijau-biru sekarang disebut Cyanobacteria dan dikelompokkan ke dalam Eubacteria.

Cyanobacteria ada yang bersel satu dan ada yang bersel banyak. Cyanobacteria memiliki klorofil yang tersebar di dalam plasma sel dan berpigmen fikobilin, yaitu fikosianin (pigmen biru) dan fikoeritrin (pigmen merah). Akan tetapi, fikosianin lebih dominan sehingga Cyanobacteria dahulu disebut ganggang hijau-biru.

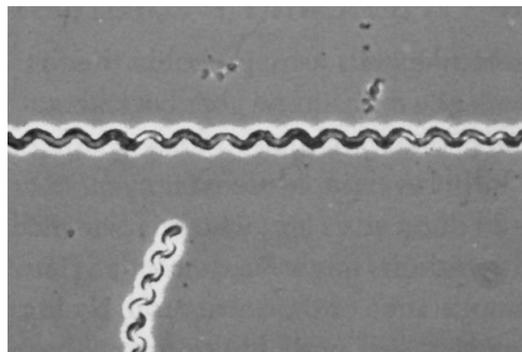
Cyanobacteria hidup di berbagai habitat. Ada yang hidup di air tawar dan air laut. Bahkan suhunya pun berbeda-beda, dari yang bersuhu dingin, tropis, bahkan ada yang tahan hidup di air panas. Cyanobacteria berkembang biak dengan membelah, fragmentasi, atau dengan spora. Contoh dari Cyanobacteria adalah *Nostoc*, *Chlorococcus*, *Oscillatoria*, dan *Anabaena*. (Ferdinand, F. 2009 : 35).



Gambar 2.10. *Anabeana*



Gambar 2.11. *scillatoria*



Gambar 2.12. *Spirulina*

**Sumber:** Biology Concepts & Connections, 2006

## **h. Peranan Arkebakteri dan Eubakteri**

### **1) Bidang Lingkungan**

#### a) Pengikat nitrogen

Unsur nitrogen ( $N_2$ ) sangat diperlukan oleh tumbuhan. Namun demikian, tumbuhan tidak dapat secara langsung memanfaatkan  $N_2$ . Nitrogen bebas di atmosfer hanya dapat diikat secara langsung (fiksasi) oleh bakteri. Bakteri tanah mengubah  $N_2$  menjadi senyawa amonia ( $NH_3$ ) dan ion amonium ( $NH_4^+$ ) yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Aktivitas bakteri tersebut dapat meningkatkan kesuburan tanah. Bakteri fiksasi  $N_2$  ada yang bersimbiosis dengan tumbuhan kacang-kacangan membentuk bintil akar. Contoh bakteri fiksasi  $N_2$  adalah *Rhizobium*, *Azotobacter*, dan *Clostridium*.

#### b) Nitrifikasi

Kesuburan tanah dapat mengikat berkat bakteri nitrifikasi yang mengubah senyawa amonia di dalam tanah menjadi nitrat. Bakteri nitrifikasi terbagi menjadi bakteri nitrit dan bakteri nitrat.

(1) Bakteri nitrit melangsungkan nitrofikasi, yaitu perubahan amonia menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), contohnya *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*.

(2) Bakteri nitrat mengubah nitrit menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), contohnya *Nitrobacter*.

c) Siklus sulfur

Bakteri sulfur, seperti *Thiobacillus* dan *Chromatium* mengubah sulfur ( $\text{H}_2\text{S}$ ) menjadi asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang dapat diserap oleh tumbuhan.

d) Fotosintesis

e) Sinobakteri merupakan produsen makanan dan oksigen di ekosistem perairan, sedangkan arkebakteri fotosintesis merupakan produsen di sumber air panas.

## 2) Bidang pertanian dan industri

a) Bakteri meningkatkan kesuburan tanah.

b) Bakteri *Streptococcus lactis* dan *S. cremoris* menghasilkan keju dari bahan susu.

c) Bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* menghasilkan yoghurt melalui fermentasi susu skim.

d) Bakteri *acetobacter* dan *Acetomonas* untuk produksi asam cuka ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

e) Bakteri *Clostridium aetobutylicum* digunakan untuk produksi aseton dan butanol.

## 3) Bidang kesehatan

a) Bakteri *E. coli* membantu pencernaan makanan dan suplai vitamin K.

b) Bakteri patogen dapat menyebabkan beragam jenis penyakit. Lihatlah Tabel 2.2.

c) Bakteri penghasil zat antibiotik dapat menyembuhkan beberapa jenis penyakit. Lihatlah Tabel 2.3.

**Tabel 2.2. Beberapa jenis bakteri patogen dan penyakit yang ditimbulkannya**

No	Jenis Bakteri	Penyakit	No	Jenis Bakteri	Penyakit
1	<i>Bacillus anthracis</i>	Antraks	11	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberkulosis
2	<i>Chlamydia trachomatis</i>	Trakom	12	<i>Neissera gonorrhoeae</i>	Gonore
3	<i>Clostridium botulinum</i>	Botulisme	13	<i>Proteus vulgaris</i> dan <i>P. Morgani</i>	Radang usus, infeksi saluran urine
4	<i>Clostridium perfringens</i>	Gangren	14	<i>Rickettsia rickettsii</i>	Riketsiae (tipus)
5	<i>Clostridium tetani</i>	Tetanus	15	<i>Salmonella typhi</i>	Demam tipus
6	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Difteri	16	<i>Shigella sp.</i>	Sigelosis (disentri)
7	<i>Escherichia coli</i>	Infeksi saluran pencernaan	17	<i>Staphylococcus aureus</i>	Bisul, pneumonia
8	<i>Haemophilus influenzae</i>	Meningitis, pneumonia	18	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Pneumonia
9	<i>Klebsiella</i>	Pneumonia	19	<i>Treponema</i>	Sifilis

	<i>pneumoniae</i>			<i>pallidum</i>	
10	<i>Mycobacterium leprae</i>	Kusta	20	<i>Vibrio cholerae</i>	Kolera

**Tabel 2.3. beberapa jenis bakteri penghasil antibiotik**

No	Jenis Bakteri	Produk Zat Antibiotik	Penyakit yang dapat diatasi
1	<i>Streptomyces</i>	Tetrasiklin	Infeksi bakteri kokus
2	<i>Streptomyces griseus</i>	Streptomisin	Disentri, tipus, TB
3	<i>Streptomyces aureofaciens</i>	Aureomisin	Pneumonia, infeksi mata, batuk rejan
4	<i>Streptomyces rimosus</i>	Teramisin	Pneumonia, tipus, infeksi urogenitalia
5	<i>Streptomyces fradiae</i>	Neomisin	TB
6	<i>Streptomyces venezuelae</i>	Kloromisetin	Riketsia

#### 4) Bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (Iptek)

Berkat perkembangan teknologi rekayasa genetika (DNA rekombinan), plasmid bakteri dapat disisipi oleh gen pembentuk hormon insulin dan antibodi manusia. (Priadi, A. 2013 : 28 - 30).

## **2. Karakteristik Materi**

Abstraksi materi Archaeobacteria dan Eubacteria sifatnya cenderung konkrit sehingga mengajarkan konsep-konsep bakteri harus menggunakan contoh-contoh yang konkrit dengan menggunakan gambar jenis-jenis bakteri bakteri, bentuk-bentuk bakteri, reproduksi bakteri atau pun dengan melakukan praktikum untuk membantu siswa dalam memahami pelajaran.

## **3. Bahan Dan Media Pembelajaran**

Bahan ajar yang sering digunakan dalam dalam proses belajar adalah buku. Buku dapat digunakan sebagai bahan rujukan, atau dapat digunakan sebagai bahan tertulis yang berbobot. Maka dalam penelitian ini bahan ajar yang digunakan adalah buku paket biologi SMA yang relevan untuk kelas XI dan juga terdapat beberapa artikel yang mendukung materi yang dipelajari.

Media pembelajaran adalah alat bantu proses belajar mengajar. Segala sesuatu yang dapat dipergunakan untuk merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan kemampuan atau keterampilan belajar sehingga dapat mendorong terjadinya proses belajar. Proses pembelajaran merupakan proses komunikasi dan berlangsung dalam suatu sistem, maka media pembelajaran termasuk ke dalam satu komponen sistem pembelajaran.

Banyak sekali jenis media pembelajaran yang dapat dimanfaatkan oleh guru untuk menyampaikan pesan kepada siswa diantaranya ada media berupa media grafik, media gambar/ foto, diagram, audio, audio visual, labolatorium, atau dalam bentuk animasi dan internet. Pemanfaatan berbagai media dalam proses pembelajaran dapat membantu guru dalam menyampaikan materi dan

mempermudah siswa dalam memahami materi yang diterima. Seorang guru harus dapat menentukan media yang pas untuk setiap materi yang akan disampaikan dalam suatu pembelajaran.

Media pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Buku Biologi kelas X penerbit Yudhistira
2. LKS
3. Buku referensi yang mendukung.
4. Video tentang bakteri
5. Laptop
6. Power point.

#### **4. Strategi Pembelajaran**

Strategi pembelajaran adalah cara-cara yang akan dipilih dan digunakan oleh seorang pengajar untuk menyampaikan materi pembelajaran yang bertujuan untuk memudahkan peserta didik menerima dan memahami materi pembelajaran, yang pada akhirnya tujuan pembelajaran dapat dikuasainya di akhir kegiatan belajar.

Strategi pembelajaran harus mengandung penjelasan tentang metode atau prosedur dan teknik yang digunakan selama proses pembelajaran berlangsung. Artinya, metode atau prosedur dan teknik pembelajaran merupakan bagian dari strategi pembelajaran.

Joolingen. (1998 dalam Rohim, *et. al*, 2012 : 2) menjelaskan bahwa “*discovery learning* adalah suatu tipe pembelajaran dimana siswa membangun

pengetahuan mereka sendiri dengan mengadakan suatu percobaan dan menemukan sebuah prinsip dari hasil percobaan tersebut”. “*Discovery learning* merupakan komponen dari praktek pendidikan yang meliputi metode mengajar yang memajukan cara belajar aktif, berorientasi pada proses, mengarahkan sendiri dan reflektif” (Suryosubroto, 2002 dalam Putrayasa, I.M., *et. al*, 2014 : 3).

Penerapan model pembelajaran *discovery learning* materi bakteri menjadi sangat tepat dikarenakan model pembelajaran ini memiliki beberapa kelebihan. Model pembelajaran *discovery learning* memiliki beberapa kelebihan, yaitu: 1) menambah pengalaman siswa dalam belajar, 2) memberikan kesempatan kepada siswa untuk lebih dekat lagi dengan sumber pengetahuan selain buku, 3) menggali kreatifitas siswa, 4) mampu meningkatkan rasa percaya diri pada siswa, dan 5) meningkatkan kerja sama antar siswa. Hal tersebut lebih didukung lagi berdasarkan beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan dengan menerapkan model pembelajaran *discovery learning*.

## **5. Sistem Pembelajaran**

Sistem evaluasi dalam pembelajaran tentang materi Archaeobacteria dan Eubacteri dapat dilakukan dengan beberapa cara misalnya dengan adanya tes tanya jawab, atau dalam bentuk nontes contohnya dengan cara permainan, penugasan dan bisa juga dalam bentuk penelitian.

Sistem evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan evaluasi pada ranah kognitif, C1 (Pengetahuan), maksudnya ketika proses pembelajaran berlangsung, istilah-istilah yang terdapat dalam suatu konsep yang dipelajari perlu dihafal dan diingat agar dapat dikuasai siswa sebagai dasar

bagi pengetahuan atau pemahaman konsep-konsep lainnya, C2 (pemahaman), misalnya siswa menjelaskan suatu konsep dengan susunan kalimatnya sendiri sesuatu yang dibaca atau didengarnya, memberi contoh lain dari yang telah dari yang telah dicontohkan atau menggunakan petunjuk penerapan pada kasus lain, dan C3 (penerapan), ialah siswa mampu mengaplikasikan, menggunakan abstrak pada situasi konkret atau situasi khusus. Abstrak tersebut merupakan ide, teori atau petunjuk teknis. Penilaian dalam ranah kognitif ini disesuaikan dengan kompetensi inti dan kompetensi dasar yang lebih menyudutkan bahwa sistem evaluasi yang digunakan cukup dengan menggunakan evaluasi pada ranah kognitif yaitu siswa diberikan tes berupa soal dengan 5 pilihan soal tersebut diuji cobakan kepada siswa pada saat *pre-test* maupun *post-test*.

Selain melakukan evaluasi pada ranah kognitif, sistem evaluasi lainnya untuk menilai ranah afektif dan psikomotor dengan menggunakan lembar observasi yaitu pedoman observer untuk melakukan observasi terhadap guru dan siswa mengenai keterlaksanaan kegiatan belajar mengajar di dalam kelas. Lembar observasi ini dilakukan oleh dua orang observer. Seorang observer melakukan pengamatan terhadap siswa yang aktif dalam menyimak, bertanya, maupun menanggapi materi yang disampaikan. Observer lain melakukan pengamatan terhadap guru dengan menilai bagaimana proses berlangsungnya pembelajaran di dalam kelas.