

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. *Escherichia coli*

##### 2.1.1. Defenisi *Escherichia coli*

*Escherichia coli* adalah salah satu bakteri yang termasuk golongan *coliform* dan hidup normal di dalam kotoran manusia maupun hewan, oleh karena itu disebut juga koliform fekal. *Escherichia coli* adalah bakteri bersifat gram negatif, berbentuk batang dan tidak membentuk spora, *Escherichia coli* umum ditemukan dalam air, sehingga keberadaannya dalam air dapat dianggap sebagai petunjuk terjadinya pencemaran kotoran dalam arti luas, baik dari kotoran hewan maupun manusia (Nuha, 2013).

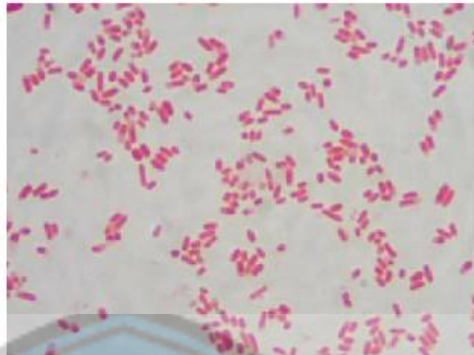
*Escherichia coli* hidup dalam jumlah besar di dalam usus manusia, yaitu untuk membantu sistem pencernaan manusia dan melindungi dari bakteri patogen. Namun pada strain baru dari *Escherichia coli* merupakan patogen berbahaya yang menyebabkan penyakit diare (Damayanti, 2014).

##### 2.1.2. Klasifikasi

Klasifikasi *Escherichia coli* sebagai berikut : (Elfidasari dkk, 2011).

|         |                             |
|---------|-----------------------------|
| Divisi  | : <i>Protophyta</i>         |
| Kelas   | : <i>Schilomycetes</i>      |
| Ordo    | : <i>Eubacteriales</i>      |
| Family  | : <i>Enterobacteriaceae</i> |
| Genus   | : <i>Escherichia</i>        |
| Spesies | : <i>Escherichia coli</i>   |

### 2.1.3. Morfologi



Gambar 1. *Escherichia coli* pada pembesaran lensa objektif 100x (Hasibuan, 2016).

*Escherichia coli* berbentuk batang, tidak memiliki spora, bersifat gram negatif, dapat bergerak dengan menggunakan peritricus flagella, Ukuran panjang 1-4  $\mu$ , lebar 0,4-0,7  $\mu$  susunan kuman umumnya menyebar (Hendrayati, 2012).

Koloni *Escherichia coli* terlihat basah, mengkilat, tidak bening, bulat dan dengan tepi yang terlihat halus dan rata. Koloni muda terlihat granuler halus dan makin tua menjadi granuler kasar. *Escherichia coli* menghasilkan asam dan gas dari glukosa, laktosa, fruktosa, maltose dan pertumbuhan optimum pada suhu 37°C, dan pH 7,0 (Wasitaningrum, 2009).

### 2.1.4. Struktur antigen

*Escherichia coli* mempunyai beberapa antigen yaitu anti gen O, H, dan K, dimana antigen O (somatik) yang merupakan bagian terluar dari lipopolisakarida dinding sel dan terdiri atas unit polisakarida yang berulang, antigen O bersifat termotabil atau tahan panas dan alkohol (Hasibuan,

2016). Antigen H (flagel) bersifat termolabil atau tidak tahan alkohol dan panas pada suhu 100°C. Antigen H dipertahankan dengan memberikan formalin pada varian bakteri yang bergerak seperti pada *Escherichia coli* (Hendrayati, 2012), antigen K (kapsul) terdiri dari polisakarida dan bersifat tidak tahan panas dan terdapat di bagian luar bakteri, antigen K berada diluar antigen O, antigen K dapat mengganggu aglutinasi melalui antiserum O (Hasibuan, 2016).

#### **2.1.5. Patogenesis *Escherichia coli***

*Escherichia coli* merupakan flora normal saluran pencernaan. Flora normal adalah mikroba yang secara alamiah menghuni tubuh manusia, Akan tetapi mempunyai potensi menimbulkan penyakit. Bakteri ini menjadi patogen jika jumlah bakteri ini dalam saluran pencernaan meningkat atau berada diluar usus dan menghasilkan enterotoksin yang dapat menyebabkan diare (Ningrum, 2012).

Penularan bakteri *Escherichia coli* melalui makanan mentah dan air, makanan yang kurang matang dan kontaminasi, yaitu apabila makanan yang sudah dimasak bersentuhan dengan bahan mentah atau peralatan yang terkontaminasi (Jawetz dkk, 2005).

*Escherichia coli* dapat berpindah karena adanya kegiatan seperti dari tangan ke mulut atau dengan pemindahan melalui air. *Strain* tertentu dapat menyebabkan peradangan selaput perut dan usus. *Escherichia coli* menjadi patogen berbahaya apabila hidup di luar usus seperti pada saluran kemih, yang dapat mengakibatkan peradangan selaput lender (Elfidasari

dkk, 2011).

*Escherichia coli* memiliki beberapa jenis spesies yang hidup dalam saluran pencernaan manusia dan hewan, dengan diketahuinya bahwa jasad tersebut tersebar pada semua individu, analisis bakteriologi terhadap air minum ditujukan kepada kehadiran jasad tersebut dalam air. Walaupun adanya jasad yang terdapat dalam air, itu belum bisa memastikan bahwa jasad tersebut pathogen (Ismail, 2009).

*Escherichia coli* menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan pada manusia diantaranya disebabkan oleh *enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC), *diffuse adherent Escherichia coli* (DAEC), *enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC), *enteroaggregative Escherichia coli* (EAEC), *enteroinvasive Escherichia coli* (EIEC) dan *enterohaemorrhagic Escherichia coli* (EHEC) (Baehaqi, 2015).

## **2.2. Teknologi Ozon**

### **2.2.1. Defenisi ozon**

Ozon pertama kali ditemukan oleh C F Schonbein pada tahun 1840. Penamaan ozon diambil dari bahasa Yunani *OZEIN* yang berarti smell atau bau. Ozon dikenal sebagai gas yang tidak memiliki warna. Ozon adalah sebuah molekul gas yang terdiri tiga buah atom oksigen,  $O_3$  merupakan gas tidak stabil, akan lenyap dalam beberapa menit dan tidak meninggalkan sisa desinfektan selama air berada dalam sistem (Rahma, 2012).

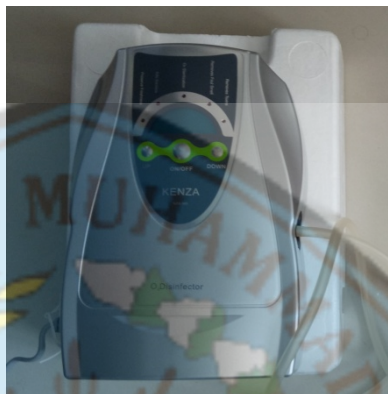
Ozon merupakan suatu bentuk oksigen alotropis atau gabungan dari beberapa unsur dimana setiap molekulnya memuat tiga jenis atom. Formula ozon adalah oksigen, berwarna biru pucat dan merupakan gas yang sangat beracun dan berbau sangit serta dapat mendidih pada suhu + 111,9<sup>0</sup>C, mencair pada suhu 192,5<sup>0</sup>C dan memiliki gravitasi 2,144 (Adji dkk, 2007).

Ozon atau oksigen triatomik merupakan bahan oksidan dan disinfektan yang paling kuat dan paling reaktif, ozon aman untuk digunakan karena mempunyai molekul dapat kembali berdekomposisi menjadi molekul oksigen. Ozon juga merupakan bentuk reaktif dari oksigen dan bersifat tidak stabil, sehingga molekul ini mampu menghancurkan sejumlah besar partikel-partikel limbah dan bahan beracun melalui proses oksidasi. Bahan-bahan beracun mampu diubah oleh ozon menjadi senyawa-senyawa yang kurang beracun, dan meningkatkan kemampuan bahan tersebut untuk lebih mudah diserap oleh bakteri, alga, dan karbon aktif. Selain itu, ozon juga dapat digunakan untuk membunuh berbagai macam jasad renik, seperti bakteri, virus, dan spora, juga beberapa bahan cemaran lainnya, dan mampu menghilangkan warna dan bau (Fanani dkk, 2008).

#### **2.2.2. Pembuatan ozon**

Ozon dapat dibuat didalam alat yang dinamakan *Ozoniser*. *Ozoniser* 400mg/h adalah suatu unit alat yang menggunakan arus listrik 220 v dan konsumsi daya 15 watt, mengubah O<sub>2</sub> yang bersih dan kering

menjadi Ozon ( $O_3$ ) jumlah ozon yang dihasilkan ozonizer sebanyak 500 mg/jam. Cara pembuatan ozon tersebut dapat dilakukan dengan melewati udara kering yang telah difilter melalui tabung-tabung (Sulistiyandari, 2009).



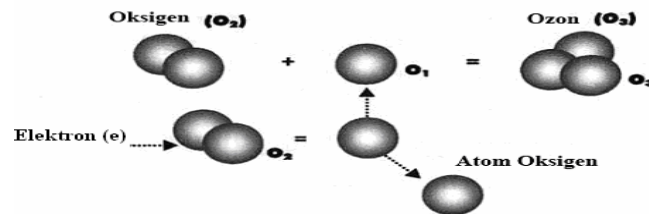
Gambar 2. Alat pemurni ozon Kenza KZO-303.

Ada beberapa cara pembuatan ozon diantaranya:

a. Pembuatan ozon melalui proses tumbukan

Ozon dapat dibuat dengan cara melewati gas oksigen ( $O_2$ ) pada daerah yang dikenai tegangan yang tinggi. Molekul oksigen ( $O_2$ ) yang dikenai tegangan tinggi ini akan mengalami ionisasi yaitu proses terlepasnya suatu atom atau molekul dari ikatannya menjadi ion-ion oksigen. Molekul-molekul oksigen ( $O_2$ ) yang terionisasi ini biasa disebut dalam kondisi plasma. Dimana plasma adalah partikel gas bermuatan atau biasa yang disebut dengan ion yang terdiri dari ion positif, ion negatif, elektron dan radikal bebas. Plasma juga biasa disebut dengan fase keempat setelah padat, cair dan gas. Jenis-jenis dari ion oksigen adalah  $O^+$ ,  $O_2^+$ ,  $O^-$ ,  $O_2^-$  dan  $O_3^-$ . Kombinasi dari kesemuanya dapat menghasilkan ozon (Yusuf dkk, 2008).

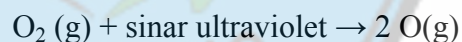
Dibawah ini gambar dari perubahan bentuk susunan atom oksigen menjadi molekul ozon ( $O_3$ ) :



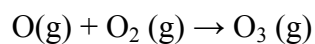
Gambar 3. proses tumbukan yang terjadi di antara molekul dengan electron (Yusuf dkk, 2008).

b. pembentukan ozon melalui proses penyerapan cahaya.

Gas oksigen ( $O_2$ ) dapat menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kurang dari 240 nm, sedangkan ozon dapat menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang antara 240 nm sampai 290 nm. Apabila gas oksigen menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kurang dari 240 nm, maka gas oksigen ( $O_2$ ) tersebut akan terurai menjadi dua atom oksigen (Yusuf dkk, 2008).



Atom oksigen hasil reaksi tersebut sangat reaktif dan dapat bereaksi dengan  $O_2$  dan membentuk ozon ( $O_3$ ).



Reaksi ini bersifat eksotermik, dan akibat dari kedua reaksi tersebut adalah perubahan tiga molekul oksigen ( $O_2$ ) menjadi dua molekul ozon ( $O_3$ ) dan konversi radiasi sinar ultraviolet menjadi panas. Ozon ( $O_3$ ) menyerap radiasi sinar ultraviolet dengan panjang

gelombang antara 240 sampai 290 nanometer. Reaksi tersebut menyebabkan ozon (O<sub>3</sub>) mengalami perubahan komposisi menjadi gas oksigen dan atom oksigen (Yusuf dkk, 2008).



Reaksi ini juga bersifat eksotermik, sehingga mengkonversi radiasi sinar ultraviolet menjadi panas (Yusuf dkk, 2008).

### 2.2.3. Sifat ozon

Ozon dibentuk dari atom oksigen. Dalam keadaan paling stabil, atom oksigen berada dalam bentuk diatomic molekul O<sub>2</sub> atau yang sering disebut dengan oksigen. Molekul ozon mengandung tiga atom oksigen dan lebih tidak stabil jika dibandingkan dengan molekul oksigen. Ozon merupakan gas yang sangat reaktif dan dalam konsentrasi tertentu bersifat racun (Yusuf dkk, 2008).

Ozon adalah oksidator kuat yang bereaksi dengan cepat, hampir semua zat organik dapat bereaksi, kecuali ion klorida karena tidak bereaksi dengan ozon dan amonia yang sedikit bereaksi dengan ozon. Sifat ozon yang bereaksi dengan cepat hingga didalam air ozon hanya sebentar saja (Sulistiyandari, 2009).

Konsentrasi yang rendah dari ozon (kurang dari 0,5 ppm) sudah dapat membunuh mikroorganisme pada air, konsentrasi ozon yang biasa digunakan untuk proses desinfeksi air ialah 0,4 – 0,5 mg/l. pada konsentrasi ozon sebesar 0,02 ppm sudah bersifat racun bagi bakteri *Eschericia coli* dan *Streptococcus facealis* (Asgar, 2014).

Residu ozon bersifat racun terhadap kehidupan dalam air, namun ozon mudah terurai, sehingga pada proses pengaliran air residu ozon sudah menghilang sehingga tidak berbahaya bagi makhluk yang menggunakannya. Dalam proses ozonisasi memang ada kemungkinan terjadinya pembentukan senyawa yang bersifat racun mutagenik atau karsinogenik, tetapi karena tidak stabil hanya bertahan beberapa menit saja, sehingga pada waktu sampai di konsumen senyawaan ozon sudah tidak ditemukan lagi (Rusdi & Suliasih, 2002).

#### **2.2.4. Manfaat ozon**

Ozon berfungsi sebagai desinfektan oksidasi untuk membunuh bakteri (*strilization*), menghilangkan warna (*decoloration*), menghilangkan bau (*deodoration*), menguraikan senyawa organik (*degradation*). Ozon membunuh bakteri dengan cara merusak dinding sel bakteri sekaligus menguraikan bakteri tersebut (Yusuf dkk, 2008).

Ozon dalam bidang medis digunakan sebagai pengobatan untuk mengobati penyakit yaitu untuk merawat kulit yang terbakar, meningkatkan kemampuan darah dalam menyerap dan mengangkut lebih banyak oksigen ke seluruh tubuh, meningkatkan metabolisme tubuh, daya tahan tubuh, mengembalikan dan mengoptimalkan fungsi organ tubuh, mampu merangsang system imun tubuh, mampu meningkatkan regenerasi berbagai jenis jaringan (penyembuhan luka pada jaringan) untuk kecantikan, membantu tubuh menghilangkan zat berbahaya. Mengoptimalkan hati dan filter ginjal (Yusuf dkk, 2008).

Gas ozon masih mempunyai kegunaan yang sangat banyak terutama dalam bidang perindustrian. Dalam bidang perindustrian, ozon dapat digunakan untuk Membasmi kuman sebelum dikemas (antiseptik), menghilangkan pencemaran dalam air (sterilisasi), membantu kepada proses flocculation (proses pengabungan molekul dan membantu penapis menghilangkan besi dan arsenik), mencuci, dan memutihkan kain, membantu pewarnaan plastik dan sebagai bahan pengawet makanan (Yusuf dkk, 2008).

#### **2.2.5. Desinfeksi**

Desinfeksi adalah tindakan menambahkan atau menerapkan sanitasi menggunakan desinfektan untuk membunuh mikro organisme yang menyebabkan pembusukan dalam memproduksi olahan makanan dan minuman atau penyakit penyebab infeksi. Proses desinfeksi bertujuan untuk menghilangkan atau membunuh mikroba (bakteri) terutama bakteri patogen (Agustini & Rienoviar, 2011).

Beberapa cara yang bias dilakukan dalam desinfeksi bakteri patogen antara yaitu dengan cara sebagai berikut :

- a. Cara kimia yaitu dengan menambahkan bahan kimia.
- b. Cara fisik yaitu dengan proses pemanasan atau penyinaran.
- c. Cara mekanis yaitu dengan sistem filtrasi (Anggraeni, 2012).

Beberapa Jenis desinfektan yang biasa digunakan untuk mendesinfeksi bakteri terhadap air yaitu ozon, ultra violet, chlorin dan senyawanya, kalium permanganat, iodine dan bromine, ferrate dan

Hidrogen peroksida (Anggraeni, 2012).

Berikut mekanisme kerja desinfeksi dalam membunuh mikroba (bakteri) adalah :

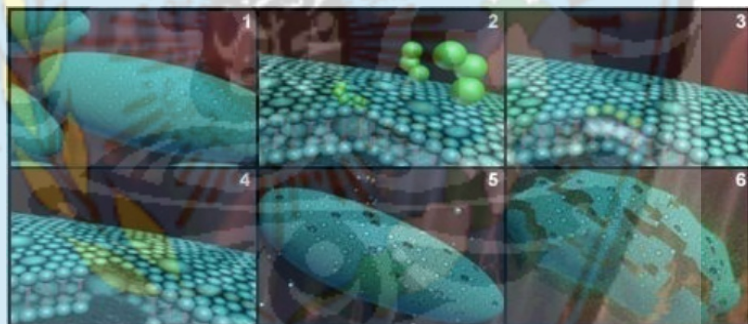
- a. Merusak dinding sel mikroba dengan menghambat inaktivasi enzim atau sintesis enzim, sehingga sel kehilangan viabilitas dan sel lisis.
- b. Mengganggu membran sel dengan menghambat keluar masuknya substansi dari sel maupun kedalam sel.
- c. Menghambat sintesis protein dengan cara menghambat biosintesis protein pada sel prokariot sehingga dapat menghentikan pertumbuhan dan pembelahan sel.
- d. Menghambat efektivitas enzim dengan menghambat enzim reduktase dihidrofolat, dimana enzim ini mereduksi dihidrofolik terhadap asam tetrahidrofolat yang berperan dalam sintesis purin dan DNA. (Ismail, 2009).

#### **2.2.6. Ozon sebagai desinfektan**

Ozon merupakan disinfektan yang kuat, biasanya digunakan oleh industri untuk proses menghilangkan warna, menghilangkan bau, dan untuk memproduksi perubahan struktur senyawa organik, ozon pada konsentrasi 0,3 mg/L sampai dengan 0,9 mg/L dapat digunakan untuk membunuh *E. coli*, *Vibrio*, *Salmonella*, *Yersinia*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, dan *Listeria* serta dapat digunakan untuk membunuh virus (Wulansarie, 2012).

Proses desinfeksi pada air dapat menanggulangi virus dan bakteri. Ozon merupakan disinfektan yang paling efektif dibandingkan disinfektan lain yang umum digunakan. Bakteri merupakan mikroorganisme yang terdiri dari satu sel yang dilapisi membran sel padat. Ozon dapat menghambat pengendalian enzim yang bekerja pada metabolisme sel bakteri sehingga dengan dosis yang cukup, ozon dapat merusak membran sel bakteri. Hal ini akhirnya menyebabkan hancurnya bakteri secara keseluruhan. Ozon dilaporkan dapat menghilangkan spora *Bacillus* dengan menghambat proses germinasinya (Young & Setlow, 2004).

Mekanisme penghancuran dinding sel bakteri oleh ozon dapat dijelaskan oleh gambar berikut :



Gambar 4. Efek Ozon pada Bakteri (Zahroh, 2012).

Keterangan Gambar :

Gambar 2. diatas memperlihatkan proses penghancuran sel oleh ozon: 1. sel bakteri, 2. molekul ozon mendekati dinding sel bakteri, 3. ozon penetrasi dan pembentuk lubang pada dinding sel bakteri, 4. efek ozon pada dinding sel, 5. sel bakteri setelah berkontak dengan sedikit molekul ozon, 6. ozon menghancurkan sel bakteri (sel lisis) (Zahroh, 2012).

Desinfeksi bakteri menggunakan ozon terjadi melalui proses oksidasi langsung, oksidasi ozon dapat merusak membran sel, dinding bagian luar sel bakteri dan juga dapat membunuhnya. Ketika ozon kontak langsung dengan bakteri, satu atom oksigen akan melepaskan diri dan mengoksidasi pelindung protein bagian luar yaitu phospholipid dan lipoproteind dari bakteri tersebut, kemudian atom oksigen yang lain akan berubah menjadi gas oksigen, sehingga bakteri dapat dihancurkan akibat adanya kebocoran pada sitoplasma (Adji dkk, 2007).

#### **2.2.7. Faktor yang mempengaruhi desinfeksi ozon**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi desinfeksi ozon diantaranya :

- a. Konsentrasi ozon atau jumlah, untuk konsentrasi atau jumlah ozon untuk proses desinfeksi minimal 0,2 ppm (Agustini & Rienoviar, 2011).
- b. Suhu sampel/air, suhu mempengaruhi keberadaan ozon dalam air, pada suhu tinggi ketahanan dan keberadaan ozon dalam air akan berkurang (Sari dkk, 2013).
- c. pH sampel/air, dimana pH ada 3 kondisi yaitu asam, netral dan basah sangat mempengaruhi desinfeksi ozon, dimana pH asam konsentrasi sisa ozon yang tertinggal cukup tinggi dibandingkan dengan pH netral, namun pada pH basa konsentrasi sisa ozon yang tertinggal sangat rendah dibandingkan pH asam dan netral (Sari dkk, 2013).
- d. Waktu paparan ozon, makin lama waktu paparan ozon terhadap

sampel maka semakin efektif membunuh bakteri (Wulansarie, 2012).

#### **2.2.8. Kelebihan dan kekurangan ozon**

Kelebihan yang dimiliki oleh ozon yaitu proses ozonasi tidak memerlukan waktu yang lama yaitu sekitar 10-30 menit, tidak ada residu yang berbahaya setelah ozonasi karena ozon dapat terurai dengan cepat, lebih efektif dengan klorin dalam membunuh bakteri dan virus, proses ozonasi meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut, setelah proses ozonasi bakteri tidak tumbuh kembali kecuali yang terlindungi oleh partikulat di dalam sampel. Kekurangan ozon yaitu ozon sangat reaktif dan korosif sehingga membutuhkan mineral yang tahan terhadap korosi seperti stainless steel, dosis rendah kurang efektif untuk membunuh beberapa (virus, jamur dan kista), ozonasi merupakan teknologi yang sangat kompleks sehingga membutuhkan peralatan yang susah serta sistem kontak yang efisien, ozon bersifat iritasi dan racun sehingga off gas dari kontraktor harus dihancurkan dengan cara membiarkan gas larut dalam air. Biaya pengolahan relatif mahal tidak ada pengukuran residu untuk mengindikasikan efisiensi dari desinfeksi ozon (Wulansarie, 2012).

#### **2.3. Metode TPC (*Total Plate Count*)**

Pertumbuhan mikroorganisme yang membentuk koloni dapat dianggap bahwa setiap koloni yang tumbuh berasal dari satu sel, maka dengan menghitung jumlah koloni dapat diketahui penyebaran bakteri yang ada pada bahan. Jumlah mikroba pada suatu bahan dapat dihitung dengan berbagai macam cara, tergantung pada bahan dan jenis mikroba (Anggraeni, 2012).

Metode penghitungan sel mikroorganisme di bagi menjadi 2 yaitu :

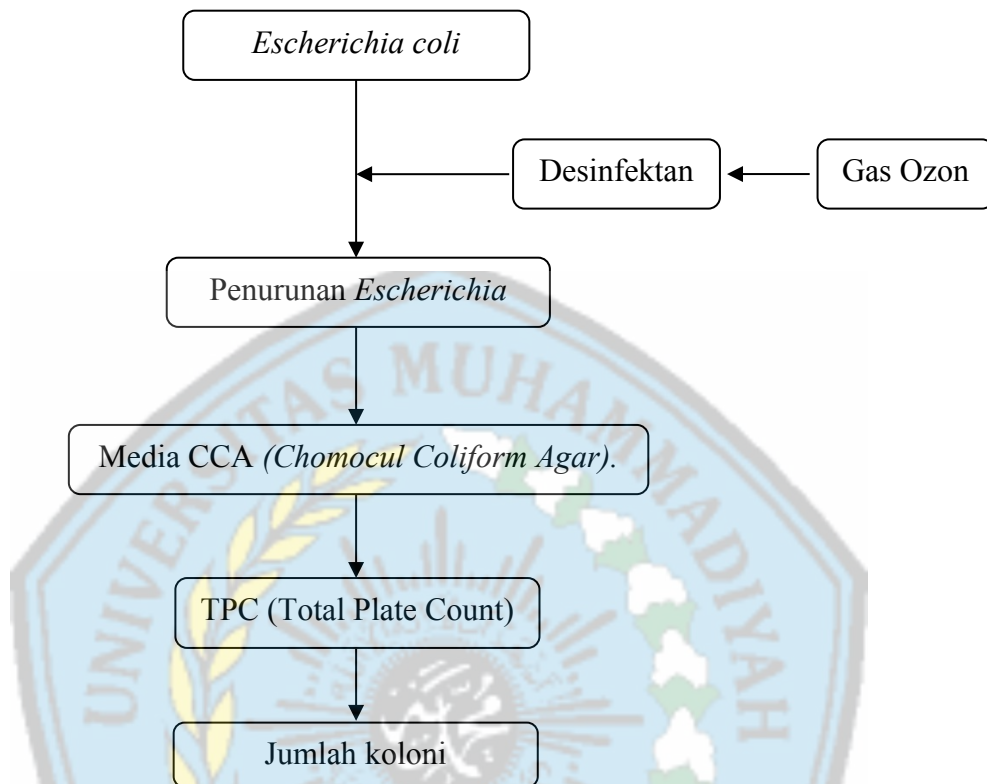
- a. Secara tidak langsung yaitu jumlah mikroba dihitung secara keseluruhan baik yang mati atau yang hidup atau hanya untuk menentukan jumlah mikroba yang hidup saja dengan menggunakan Total Plate Count
- b. Secara langsung yaitu jumlah mikroba dihitung secara keseluruhan, baik yang mati atau yang hidup dengan alat Haemocytometer

Salah satu cara untuk mendeteksi atau menganalisis jumlah mikroba yaitu dengan cara uji TPC (Total Plate Count) di laboratorium. Pengujian Total Plate Count (TPC) dimaksudkan untuk menunjukkan jumlah mikroba yang terdapat dalam suatu produk dengan cara menghitung koloni bakteri yang ditumbuhkan pada media agar (Yunita dkk, 2015).

Metode TPC (Total Plate Count) dibedakan atas dua cara, yakni metode tuang (pour plate), dan metode permukaan (surface/spread plate). Pada metode tuang , sejumlah sampel (1ml atau 0,1ml) dari pengenceran yang dikehendaki dimasukkan ke dalam cawan petri, kemudian ditambah agar-agar cair steril yang didinginkan (47-50°C) sebanyak 15-20 ml dan digoyangkan supaya sampelnya menyebar. Pada permukaan dengan metode permukaan, terlebih dahulu dibuat agar cawan kemudian sebanyak 0,1 ml sampel yang telah diencerkan dipipet pada permukaan media agar-agar tersebut. Kemudian diratakan dengan batang gelas melengkung yang steril selanjutnya di inkubasi 37°C selama 2 x 24 jam. Jumlah koloni dalam sampel dapat dihitung sebagai berikut (Yunita dkk, 2015).

$$\text{Koloni ml} = \text{jumlah koloni per cawan} \times \frac{1}{\text{faktor pengencer}} \quad (\text{Anggraeni, 2012}).$$

## 2.4. Kerangka teori



Gambar 5. Kerangka teori

## 2.5. Kerangka konsep

Variabel bebas

Variabel terikat



Gambar 6. Kerangka konsep