

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Air Bersih**

Salah satu kebutuhan dasar bagi makhluk hidup adalah terpenuhinya kebutuhan air, tanpa air akan menghambat keberlangsungan kehidupan, oleh sebab itu air, higiene dan sanitasi mengambil peran penting dalam mencegah sedikitnya 9,1% jumlah penderita penyakit dan menyelamatkan 6.3% jumlah kematian penduduk (Soedarto, 2013).

##### **1. Pengertian Air Bersih**

Air dimanfaatkan oleh manusia untuk keperluan sehari-hari, baik untuk mencuci, mandi, hingga dikonsumsi. Air bersih sendiri merupakan air yang terbebas dari kuman maupun segala macam bakteri yang mengancam kesehatan manusia, serta memenuhi standar baku mutu air yang telah ditentukan oleh Permenkes nomor 2 tahun 2023 mengenai Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, Air adalah seluruh jenis air yang terdapat diatas permukaan tanah maupun berada di bawah permukaan tanah yaitu termasuk air hujan atau air angkasa, air permukaan, dan air tanah.

##### **2. Sumber Air Bersih**

Sumber air bersih tersedia dari berbagai macam tempat yang ada di bumi. Meskipun air memiliki jumlah yang relatif konstan, tetapi air bersirkulasi (berhidrologi). Siklus hidrologi memiliki beberapa tahapan yang dilaluinya, mulai dari proses penguapan air (evaporasi), pembentukan awan

(kondensasi), peristiwa jatuhnya air ke bumi/hujan (presipitasi), penyebaran air dipermukaan bumi, penyerapan air kedalam tanah, sampai berlangsungnya proses daur ulang (Chandra (2006) dalam Amaliah (2018). Berdasarkan siklus hidrologi ini, sumber air dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Air hujan (air angkasa)

Sumber air yang berinfiltrasi menjadi air tanah juga berasal dari hujan, bahkan air yang ada di danau dan sungai mendapat suplai yang terbesar dari air hujan, baik langsung maupun tidak langsung, yaitu aliran permukaan (*run off*) dan aliran bawah tanah (*aquifer flow*) (Darwis, 2019). Pada saat proses hujan (presipitasi) merupakan air bersih, namun air tersebut mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Adapun pencemaran yang dapat terjadi ketika di atmosfer yaitu disebabkan oleh partikel debu, gas (karbon dioksida, nitrogen dan ammonia) serta mikroorganisme, oleh sebab itu kualitas air hujan sangat bergantung dengan kualitas udara yang dilalui, jika atmosfer mengandung kadar  $SO_2$  tinggi maka air hujan yang diturunkan akan bersifat asam, hal ini akan mengakibatkan dampak negatif bagi flora maupun fauna yang ada di muka bumi (Soemirat, 2009).

b. Air Permukaan

Menurut *International Water Management Institute* (IWMI) mengatakan bahwa air permukaan ialah air yang ditemukan di sungai, danau, rawa dan reservoir yang berada di atas permukaan tanah dan

berinteraksi dengan atmosfer. Pada umumnya air permukaan harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan, hal ini disebabkan karena air permukaan cenderung telah mengalami pengotoran (Chandra, 2012)

### c. Air Tanah

#### 1) Pengertian

Air tanah diartikan sebagai air yang berada dan berasal dari lapisan tanah, baik air yang berada pada lapisan tanah tak jenuh maupun air yang berada pada lapisan tanah jenuh (Darwis, 2018). Air tanah adalah air di alam yang terletak di bawah permukaan tanah, dan pembentukan air tanah mengikuti siklus hidrologi, yaitu proses alami yang terjadi di perairan alami yang mengalami perpindahan secara berurutan dan terus menerus.

Air tanah memiliki beberapa kelebihan dibanding sumber air lain. Pertama, air tanah biasanya bebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses purifikasi dan penjernihan. Persediaan air tanah yang cukup tersedia sepanjang tahun, saat musim kemarau sekalipun. Air tanah juga memiliki beberapa kerugian atau kelemahan dibanding sumber air lainnya. Air tanah mengandung zat-zat mineral konsentrasi yang tinggi. Konsentrasi yang tinggi dari zat-zat mineral semacam magnesium, kalsium, dan logam berat seperti besi dapat menyebabkan kesadahan air, selain itu untuk mengisap dan mengalirkan air ke atas permukaan dibutuhkan pompa (Amaliah, 2018).

## 2) Jenis air tanah

Air tanah terbagi :

### a) Mata Air

Air yang berasal dari mata air adalah sumber air alami yang muncul secara alami dari bawah tanah. Mata air biasanya terbentuk ketika air hujan menyerap ke dalam tanah dan kemudian meresap ke lapisan air bawah tanah yang kedap air seperti batuan atau pasir. Pada umumnya air yang berasal dari mata air ini dapat dikonsumsi secara langsung oleh manusia karena belum tercemar oleh pencemar (Amaliah, 2018).

### b) Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terbentuk karena daya proses air dari permukaan tanah, lapisan tanah berfungsi untuk menyaring air, lumpur akan tertahan demikian dengan sebaian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih mengandung garam-garam yang terlarut karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan, ketika sudah menemui lapisan rapat air maka air akan terkumpul menjadi sumber air bersih melalui sumur-sumur dangkal.

Menurut (Sumantri, 2010) dalam (Amaliah, 2018) air tanah dangkal terdapat pada kedalaman kurang lebih 15 meter sebagai sumber air bersih, air tanah ini ditinjau dari segi kualitas agak baik, dari segi kuantitas kurang baik dan tergantung musim.

### c) Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat setelah rapat air yang pertama, pengambilan air tanah dalam tidak semudah pada air tanah dangkal, dalam pengambilan air tanah dalam harus menggunakan bor untuk memasukan pipa hingga kedalaman 100-300 meter, dalam beberapa kasus bisa mencapai lebih dari 300 meter bahkan ribuan meter tergantung pada kondisi geologis di daerah tersebut. Menurut (Sutrisno, 2010) dalam (Amaliah, 2018) sumur ini disebut juga sumur artesis.

Air yang diperoleh dari sumur bor sering kali memiliki kualitas yang lebih baik dan lebih stabil dibandingkan dengan air dari sumur gali, karena lapisan air yang lebih dalam memiliki tingkat perlindungan yang lebih baik terhadap polusi dan pencemaran permukaan

### 3. Standar Kualitas Air Bersih

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, parameter untuk air keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi dan kimia yang dapat berupa parameter wajib ataupun parameter tambahan. Air untuk keperluan higiene dan sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan perseorangan dan atau rumah tangga, selain itu air untuk keperluan higiene dan sanitasi juga dapat digunakan untuk dikonsumsi (air minum).

Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi terdiri atas:

a. Air dalam keadaan terlindung

Air dikatakan dalam keadaan terlindung apabila :

- 1) Bebas dari kemungkinan kontaminasi mikrobiologi, fisik, kimia (bahan berbahaya dan beracun, dan atau limbah B3)
- 2) Sumber sarana dan transportasi air terlindungi (akses layak) sampai dengan titik rumah tangga, jika air bersumber dan sarana air perpipaan tidak boleh ada koneksi silang dengan pipa air limbah di bawah permukaan tanah, sedangkan jika air bersumber dari sarana non perpipaan, sarana terlindung dari sumber kontaminasi limbah domestik maupun industri.
- 3) Lokasi sarana air minum berada di dalam rumah atau halaman rumah.

b. Pengolahan, perwadahan dan penyajian harus memenuhi prinsip higiene dan sanitasi jika menggunakan wadah penampung air yang dibersihkan secara berkala dan melakukan pengolahan air secara kimia dengan menggunakan jenis dan dosis bahan kimia yang tepat, jika menggunakan kontainer sebagai penampung air harus dibersihkan secara berkala minimum sekali dalam seminggu.

Adapun standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 terhadap parameter air adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1

## Parameter Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1.	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100ml	SNI / APHA
2.	Total <i>Coliform</i>	0	CFU/100ml	SNI / APHA
Fisik				
3.	Suhu	Suhu udara $\pm 3$	$^{\circ}\text{C}$	SNI / APHA
4.	TDS	<300	Mg/L	SNI / APHA
5.	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
6.	Warna	10	TCU	SNI / APHA
7.	Bau	Tidak berbau	-	APHA
Kimia				
8.	pH	6,5-8,5	-	SNI / APHA
9.	Nitrat	20	mg/L	SNI / APHA
10.	Nitrit	3	mg/L	SNI / APHA
11.	Kromium Valensi	0,01	mg/L	SNI / APHA
12.	Besi (Fe)	0,2	mg/L	SNI / APHA
13.	Mangan	0,1	mg/L	SNI / APHA

## B. Sumur Gali

### 1. Pengertian Sumur Gali

Sumur gali (*dug well*) merupakan salah satu sumber air bersih yang dimanfaatkan oleh masyarakat, yaitu berupa bangunan penyadap air atau pengumpul air tanah dengan cara menggali tanah sampai pada titik kedalaman berkisar 5m - 15m dari permukaan tanah, hal ini tergantung kedudukan muka air tanah setempat serta morfologi daerah tersebut. Air tanah yang berasal dari sumur gali biasanya dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga terutama untuk minum, masak, mandi, dan mencuci (Marsono, 2009). Air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dari permukaan tanah mengakibatkan

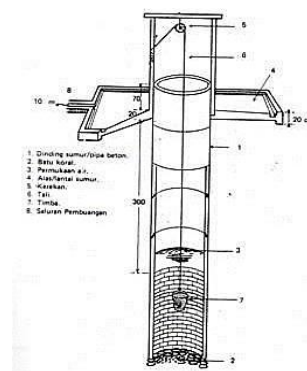
mudahnya tercemar melalui rembesan (Mandasari, 2019). Umumnya rembesan berasal dari tempat buangan kotoran manusia, kakus/jamban dan hewan, juga dari limbah sumur itu sendiri, baik karena lantainya yang tidak kedap air maupun dekat dengan sumber pencemar.

## 2. Jenis Sumur Gali

### a. Berdasarkan jenisnya

#### 1) Sumur gali terbuka

Sumur gali terbuka adalah sumur gali yang bentuk konstruksinya terbuka terdapat dinding, terbuat dari beton, bibir, lantai serta teknik pengambilan airnya menggunakan timba.



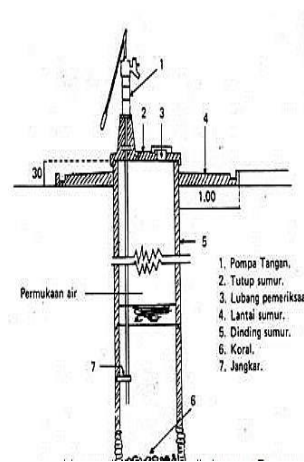
Gambar 2. 1 Sumur Gali Terbuka (Entjang, 2000)

Keadaan konstruksi fisik sumur serta cara pengambilan air sumur dapat memengaruhi sumber kontaminasi. Sumur dengan konstruksi yang tidak memperhatikan syarat teknis pembuatan dan pengambilan air dengan timba yang tidak saniter.



## 2) Sumur gali tertutup

Sumur gali tertutup adalah sumur gali yang bentuk konstruksinya tertutup dan teknik pengambilan airnya menggunakan pompa, baik pompa tangan maupun mesin pompa listrik.



Gambar 2. 2 Sumur Gali Tertutup (Entjang, 2000)

Cara pembuatan sumur ini sama dengan sumur terbuka, hanya saja air sumur diambil dengan menggunakan pompa. Dalam hal ini kemungkinan pengotoran lebih sedikit karena sumur selalu dalam keadaan tertutup.

### b. Berdasarkan kedalaman

#### 1) Sumur Gali Dangkal

Sumur semacam ini memiliki sumber air yang berasal dari resapan air hujan diatas permukaan bumi terutama di daerah dataran rendah. Jenis sumur ini banyak terdapat di Indonesia dan mudah sekali terkontaminasi air kotor yang berasal dari kegiatan mandi-cuci-kakus

(MCK) sehingga persyaratan sanitasi yang perlu sekali diperhatikan (Chandra 2006).

Sumur dangkal merupakan cara pengambilan air yang banyak dipakai di Indonesia. Sumur sebaiknya terletak ditempat yang aliran air tanahnya tidak tercemar, jika di sekeliling sumur terdapat sumber pencemaran air tanah, hendaknya sumur ini berada di hulu aliran air tanah dan sedikitnya berjarak 10-15 meter dari sumber pencemaran tersebut. Diperkirakan sampai kedalaman 3 meter masih mengandung kuman-kuman. Lebih dalam dari 3 meter sudah dapat dikatakan tanah bersih dari kuman-kuman, oleh karena itu, dinding dalam yang melapisi sumur sebaiknya dibuat sampai dengan 3 meter atau 5 meter (Sumantri 2010).

## 2) Sumur Gali Dalam

Sumur dalam mempunyai permukaan air yang lebih tinggi dari permukaan air tanah di sekelilingnya. Tingginya permukaan air ini disebabkan oleh adanya tekanan di dalam akuifer. Air tanah berada dalam akuifer yang terdapat diantara dua lapis yang tidak tembus (Sumantri 2010). Sumur memiliki sumber air yang berasal dari proses purifikasi alami air hujan oleh lapisan kulit bumi menjadi air tanah. Sumber airnya tidak terkontaminasi dan memenuhi persyaratan sanitasi (Chandra 2006).

### 3. Syarat Sanitasi Sumur Gali

Menurut Permenkes No. 736/MENKES/PER/IV/2010 mengenai inspeksi sanitasi sumur gali terlindungi yang baik, meliputi :

- a. Tidak terdapat genangan air pada jarak 2 meter sekitar sumur.
- b. Terdapat saluran pembuangan limbah.
- c. Dinding sumur rapat dan disemen sepanjang 3 meter ke dalam di bawah permukaan.
- d. Pagar sekeliling sumur sempurna sehingga tidak memungkinkan untuk binatang masuk.
- e. Bibir sumur (cincin) sempurna sehingga tidak ada air rembes masuk ke dalam sumur.
- f. Tidak menggunakan ember (timba).
- g. Penutup sumur bersih.
- h. Lantai sekeliling sumur memiliki radius  $\geq 1$  meter.
- i. Tidak terdapat genangan air di atas lantai semen sekeliling sumur.
- j. Tidak terdapat keretakan pada semen disekeliling sumur.
- k. Tidak terdapat sumber pencemar lain (kotoran hewan, sampah, sungai) dalam jarak radius 10 meter dari sumur

### 4. Penurunan Kualitas Air Sumur Gali

Penurunan kualitas air sumur gali disebabkan karena terjadinya pencemaran pada air/tanah yang berada di sumur (Zahara, 2018).

#### a. Pencemaran Air

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 1 tahun 2010, pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Sumber pencemar yang paling utama berasal dari limbah industri, pertanian, dan domestik (rumah tangga).

##### 1) Limbah Industri

Limbah industri (*industrial waste*) yang berbentuk cair dapat berasal dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air pada proses produksinya. Limbah cair juga dapat berasal dari bahan baku yang mengandung air sehinggaladidalam proses pengolahannya, air harus dibuang (Chandra 2006 dalam Amaliah (2018)). Bahan pencemar yang berasal dari limbah industri dapat meresap ke dalam air tanah yang menjadi sumber air untuk minum, mencuci, dan mandi. Air tanah yang tercemar umumnya sukar sekali dikembalikan menjadi air bersih (Achmadi 2012).

##### 2) Limbah pertanian

Limbah pertanian berasal dari daerah atau kegiatan pertanian maupun perkebunan. Penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan dapat mengakibatkan pencemaran air. Kelebihan pupuk yang memasuki wilayah perairan akan menyuburkan tumbuhan air, seperti ganggang dan eceng gondok sehingga dapat menutupi

permukaan air. Akibatnya sinar matahari sulit masuk ke dalam air sehingga mematikan fitoplankton dalam air. Akibat lebih lanjut, sampah organik dari ganggang dan eceng gonok akan menghabiskan oksigen terlarut sehingga ikan-ikan tidak dapat hidup, sedangkan sisa pestisida yang masuk wilayah perairan dapat mematikan ikan-ikan atau diserap oleh mikroorganisme kemudian masuk dalam rantai makanan. Sisa pestisida di perairan dapat meresap ke dalam tanah, sehingga mencemari air tanah (Zulkifli 2014).

### 3) Limbah domestik

Air limbah domestik (rumah tangga) adalah bekas yang tidak dapat dipergunakan lagi untuk tujuan semula baik yang mengandung kotoran manusia (tinja) atau dari aktifitas dapur, kamar mandi dan cuci. Air limbah domestik mengandung lebih dari 90% cairan. Zat-zat yang terdapat dalam air buangan diantaranya adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut seperti protein, karbohidrat dan lemak dan juga unsur-unsur anorganik seperti butiran, garam dan metal serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberikan corak kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimia, maupun biologi (Kodoatie 2010 dalam Amaliah (2018)).

Volume air limbah bergantung pada volume pemakaian air penduduk setempat. Penggunaan air untuk keperluan sehari-hari mungkin kurang dari 10 liter per orang di daerah yang sumber airnya berasal dari sumur pompa atau sambungan rumah sendiri, penggunaan

air dapat mencapai 200 liter per orang (Chandra 2006 dalam Amaliah (2018))

Indikator pencemaran air yaitu adanya perubahan atau tanda yang diamati, antara lain :

- a) Adanya perubahan suhu air
- b) Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion hidrogen
- c) Adanya perubahan warna, bau dan rasa air
- d) Timbulnya endapan, koloidal, bahan pelarut
- e) Adanya mikroorganisme
- f) Meningkatnya radiktivitas air lingkungan.

#### b. Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah adalah keadaan di mana bahan kimia buatan manusia masuk dan mengubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, penggunaan pestisida, masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan, kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, zat kimia atau limbah, air limbah dari tempat penimbunan sampah, serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (*illegal dumping*), ketika suatu zat berbahaya atau beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada

manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya.

Pencemaran tanah di Indonesia antara lain terjadi karena adanya tumpahan minyak bumi, tercemar oleh limbah B3, tercemar Pb karena aktivitas peleburan aki, tercemar merkuri limbah/tailing di tambang emas, tercemar bahan pestisida karena kegiatan pertanian yang intensif menggunakan pestisida, tercemar limbah bahan radioaktif, karena aktivitas pembuangan limbah radioaktif tidak terkontrol dan pencemaran Tanah karena bahan kimia berbahaya lainnya (Permenkes RI No 2 Tahun 2023).

#### c. Pencemaran Air Tanah

Pencemaran air tanah adalah peristiwa dimana masuknya zat-zat atau komponen yang lainnya yang menyebabkan kualitas air terganggu bahkan menurun. Pencemaran air tanah adalah suatu keadaan dimana air telah mengalami penyimpangan atau perubahan dari keadaan normalnya (Zahara, 2018).

Beberapa sumber pencemaran yang menyebabkan menurunnya kualitas air tanah antara lain (Freeze dan Chery dalam Zahara (2018)):

- 1) Pembuangan limbah ke tanah.
- 2) Sampah dari TPA.
- 3) Kegiatan pertanian.
- 4) Pembuangan limbah cair pada sumur dalam dan lain-lain.

Terjadinya pencemaran pada air tanah karena adanya perubahan tatanan air di bawah permukaan tanah, baik itu proses alam ataupun kegiatan

manusia yang mengakibatkan turunnya mutu kualitas air sampai ke tingkat tertentu sehingga tidak lagi sesuai dengan pemanfaatannya (Thomas(2009) dalam Zahara (2018)).

Menurunnya kualitas air tanah sangat erat kaitanya dengan pencemaran air tanah, semakin lama semakin tercemar oleh berbagai polutan akibat pertumbuhan jumlah penduduk. Menurut Harmayani (2007) dalam Zahara (2018), pencemaran air dapat menentukan indikator yang terjadi pada air lingkungan. Pencemaran air dikelompokkan sebagai berikut:

1) Bahan buangan organik

Bahan buangan organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga hal ini dapat mengakibatkan semakin berkembangnya mikroorganisme dan mikroba patogen pun ikut juga berkembang biak di mana hal ini dapat memicu berbagai macam penyakit.

2) Bahan buangan anorganik

Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme atau tidak dapat membusuk, apabila bahan buangan anorganik ini masuk ke air lingkungan maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air, sehingga hal ini dapat mengakibatkan air menjadi bersifat sadah.

3) Bahan buangan zat kimia

Bahan buangan zat kimia seperti bahan pencemar air seperti sabun, bahan pemberantas hama, zat warna kimia, dan zat radioaktif dan lain-



lain. Zat kimia ini di air lingkungan merupakan racun yang mengganggu dan dapat mematikan tumbuhan, hewan air, bahkan juga manusia.

## 5. Faktor yang Berhubungan dengan Pencemaran Sumur Gali

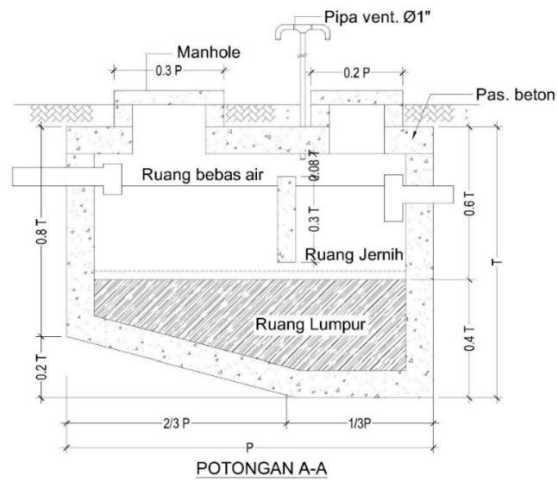
Menurut (Marsono, 2009) faktor-faktor yang memengaruhi pencemaran sumur gali diantaranya adalah sebagai berikut :

### a. Jenis sumber pencemar

Karakteristik limbah ditentukan oleh jenis sumber pencemar. Karakteristik limbah rumah tangga berbeda dengan karakteristik limbah jamban maupun peternakan. Limbah jamban maupun peternakan banyak mengandung bahan organik yang merupakan habitat bagi tumbuhnya mikroorganisme. Perbedaan karakteristik limbah mempunyai hubungan yang berbeda pula terhadap kualitas bakteriologis air sumur gali.

#### 1) *Septic tank*

Menurut Permenkes tahun 2014 tentang Sanitasi Total Berbasis Masyarakat, *septic tank* merupakan suatu bak kedap air yang berfungsi menampung dan mengolah air kotor manusia (tinja dan urine) dengan kecepatan aliran yang lambat, sehingga memberi kesempatan untuk terjadi pengendapan terhadap suspensi benda-benda padat dan kesempatan untuk penguraian bahan-bahan organik oleh jasad anaerobik membentuk bahan-bahan larut air dan gas.



Gambar 2. 3 Bentuk Tangki *Septic Tank* (Standar Nasional Indonesia (SNI) 2398, 2017)

## 2) Cubluk

Pada dasarnya *septic tank* dan cubluk memiliki fungsi yang sama, yaitu sebagai penampung dalam pembuangan ekskreta manusia. Cubluk merupakan lubang galian yang akan menampung limbah padat dan cair dari jamban yang masuk setiap harinya dan akan meresapkan cairan limbah tersebut ke dalam tanah dengan tidak mencemari air tanah. Bagian padat dari limbah tersebut akan diuraikan secara biologis (Permenkes, 2014).

## 3) Kandang ternak

Kandang ternak termasuk ke dalam fasilitas yang dimiliki untuk rumah pedesaan, maka harus dibuatkan kandang tersendiri. Kandang adalah struktur atau bangunan dimana hewan ternak dipelihara. Kandang yang baik berfungsi sebagai pengaman ternak dari hewan lain yang mengganggu, melindungi ternak dari air hujan, sengatan matahari,

tiupan angin yang kencang serta suhu dingin pada malam hari, dengan kata lain kandang ternak adalah selayaknya rumah seperti yang ditempati oleh manusia. Sanitasi yang harus diperhatikan yaitu jarak antara rumah dengan kandang minimal 10 meter, aliran air limbah dari kandang tidak boleh mencemari tanah disekitarnya, kandang harus mendapat sinar matahari, pembuangan kotoran ternak harus dibuang ke dalam lubang dan tertutup dan tidak menjadi sarang serangga.

#### 4) Sungai

Sungai adalah sistem pengaliran air yang bergerak dari mata air sampai muara. Sungai berfungsi sebagai pengumpul curah hujan dalam suatu daerah tertentu dan mengalirkannya ke laut. Sungai termasuk ke dalam kelompok air permukaan. Air permukaan merupakan sumber air yang paling tercemar. Hal ini disebabkan karena selama pengalirannya, air permukaan ini mendapat pengotoran misalnya oleh lumpur, batang kayu, daun, ataupun dari buangan dan sisa kegiatan manusia.

#### 5) Tempat pembuangan sampah

Sarana pembuangan sampah yang letaknya di dalam atau luar rumah yang terdapat setumpuk limbah yang menimbulkan aroma bau busuk yang sangat menyengat. Pengelolaan pembuangan sampah rumah tangga harus memenuhi syarat kesehatan seperti, aliran air limbah dari tempat sampah tidak boleh mencemari tanah dan air di sekitarnya.

b. Saluran Pembuangan Air Limbah (SPAL)

Saluran pembuangan air limbah merupakan perlengkapan pengelolaan air limbah yang dapat berupa pipa atau lainnya yang dipergunakan untuk membantu air buangan dari sumber hingga ke tempat pembuangan. Saluran pembuangan air limbah atau SPAL berupa tanah galian yang berfungsi untuk membuang air cucian, air bekas mandi, dan air kotor lainnya.

c. Jarak sumber pencemar

Pola pencemaran air tanah oleh bakteri mencapai jarak 10 meter. Pembuatan sumur gali yang berjarak kurang dari 10 meter dari sumber pencemar, mempunyai risiko tercemarnya air sumur oleh perembesan air dari sumber pencemar (Mundiatun, 2018).

d. Kondisi Fisik Sumur

Kondisi fisik sumur adalah konstruksi bangunan dan sarana yang mendukung sanitasi sumur gali. Bangunan fisik sumur yang tidak sesuai dengan standar inspeksi sanitasi sumur gali menurut Permenkes No. 736/MENKES/PER/IV/2010 akan mempermudah bakteri meresap dan masuk ke dalam sumur. Sumur yang memiliki dinding dengan cincin tidak kedap air atau cincin beton yang terdapat retakan akan dengan mudah terkontaminasi oleh limbah dan juga dapat terkontaminasi oleh bakteri. Keadaan lain yang mendukung yaitu bibir sumur, sumur gali yang memiliki bibir sumur tidak memenuhi syarat memberikan pengaruh terhadap penurunan kualitas air sumur yang dihasilkan.

e. Arah Aliran Air Tanah

Pencemaran air sumur gali oleh bakteri *Escherichia coli* dapat dipengaruhi arah aliran air tanah, pergerakan air tanah yang mengandung bakteri *Escherichia coli* ke sumur gali akan mengakibatkan air sumur gali tercemar oleh bakteri *Escherichia coli*. Aliran air tanah akan mengalami rembesan pada air sumur gali dengan jarak yang pendek. Di dalam siklus hidrologi, air tanah secara alami mengalir oleh karena adanya perbedaan tekanan dan letak ketinggian lapisan tanah. Air akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, oleh karena itu, apabila letak sumur berada dibagian bawah dari letak sumber pencemar maka bahan pencemar bersama aliran air tanah akan mengalir untuk mencapai sumur gali. Penentuan lokasi pembuatan sumur yang jauh dari sumber pencemar merupakan usaha untuk mencegah dan mengurangi risiko pencemaran (Asdak (2002) dalam Amaliah (2018)).

f. Porositas dan Permeabilitas Tanah

Porositas dan permeabilitas tanah akan berpengaruh pada penyebaran bakteri *Escherichia coli*, mengingat air merupakan alat transportasi bakteri dalam tanah, semakin besar porositas dan permeabilitas tanah, maka semakin besar kemampuan melewatkan air yang artinya jumlah bakteri yang dapat bergerak mengikuti aliran tanah semakin banyak (Marsono, 2009).

#### g. Curah Hujan

Curah hujan dapat mempengaruhi pergerakan bakteri ke badan air, hal tersebut terjadi karena ketika curah hujan tinggi maka akan mengakibatkan genangan air di permukaan dan memberi kesempatan bakteri untuk berkembang. Meresapnya air hujan ke dalam lapisan tanah mempengaruhi Bergeraknya bakteri *Escherichia coli* di dalam lapisan tanah, semakin banyak air hujan yang meresap ke dalam lapisan tanah semakin besar kemungkinan terjadinya pencemaran. Di Indonesia, dimana rata-rata curah hujannya tinggi, maka potensi atau resiko pencemaran tanah dan air tanah akibat *landfill* akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah curah hujan sedang atau rendah sehingga pencemaran air tanah akan mempengaruhi tingginya bakteri (Cornelia (2008) dalam Amaliah (2018))

### C. Cubluk (*Pit Privy*)

#### 1. Pengertian Cubluk

Menurut (Sugiharto, 1987) cubluk merupakan sistem pembuangan tinja yang paling sederhana. Terdiri atas lubang yang digali secara manual dengan dilengkapi dinding rembes air yang dibuat dari pasangan batu bata berongga, anyaman bambu dan lain lain. Pada umumnya cubluk memiliki bentuk bulat dan kotak, dengan potongan melintang sekitar 0,5-1,0 m<sup>2</sup>, dengan kedalaman 1 hingga 3 meter (Asril Zevri, 2010). Cubluk relatif lebih murah, lebih mudah dibangun dan dipelihara sendiri apabila dibandingkan dengan tangki septik. Air yang digunakan untuk menggelontorkan tinja ke

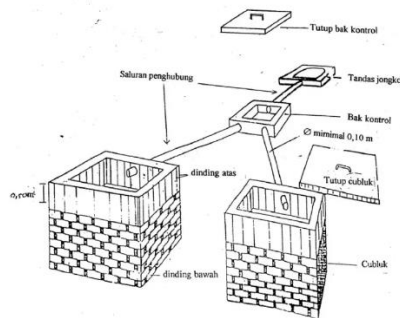
dalam cubluk tergolong sedikit. Biasanya cubluk di desain untuk kurun waktu 5-10 tahun.

Adapun beberapa jenis cubluk antara lain sebagai berikut :

a. Cubluk tunggal

Cublik tunggal dapat digunakan untuk daerah yang memiliki tinggi muka air tanah  $> 1$  m dari dasar cubluk. Cocok untuk daerah dengan kepadatan  $< 200$  jiwa/ha. Pemakaian cubluk tunggal dihentikan setelah terisi 75% (Risa Karlinda, 2011).

b. Cubluk kembar



Gambar 2. 4 Perspektif Cubluk Kembar

Cublik kembar dapat digunakan untuk daerah dengan kepadatan penduduk  $< 50$  jiwa/ha dan memiliki tinggi muka air tanah  $> 2$  m dari dasar cubluk. Pemakaian lubang cubluk pertama dihentikan setelah terisi 75% dan selanjutnya lubang cubluk kedua dapat disatukan, jika lubang cubluk kedua terisi 75%, maka lumpur tinja yang ada di lubang pertama dapat dikosongkan secara manual dan dapat digunakan untuk pupuk tanaman, setelah itu lubang cubluk dapat difungsikan kembali (Risa Karlinda, 2011).

## 2. Penentuan Jarak Cubluk

Dalam penentuan jarak penampungan dari hasil ekskreta manusia, perlu diperhatikan jarak antara penampungan dari hasil ekskreta manusia dengan keadaan di sekitarnya. Standar jarak cubluk dengan sumur atau sumber air bersih adalah minimal 10 meter. Pencemaran air tanah oleh bakteri dari sumber pencemar dapat mencapai jarak 10 meter searah aliran air tanah, untuk hal tersebut maka pembuatan sumur pompa atau sumur gali harus berjarak minimal 10 meter dari sumber pencemar bakteriologis (Suyono, 2010).

### **D. *Escherichia coli***

#### 1. Pengertian Bakteri *Escherichia coli*

*Escherichia coli* adalah bakteri flora normal, hidup komensal di dalam tubuh manusia dan diduga membantu pembuatan vitamin K yang penting untuk pembekuan darah (Entjang, 2003). Bakteri ini bersifat unik karena dapat menyebabkan infeksi primer seperti diare. Menurut *World Health Organization* (WHO, 2020) bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri yang biasa ditemukan di usus manusia dan hewan berdarah panas. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang berasal dari kotoran manusia maupun hewan, *Escherichia coli* termasuk family *Enterobacteriaceae* bakteri gram negatif berbentuk batang, terdapat tunggal atau berpasangan dalam rantai pendek, bersifat anaerob fakultatif dan mempunyai *flagella* peritrika (Zein, 2017). *Escherichia coli* dibedakan atas sifat serologinya berdasarkan antigen O (*somatik*), K (*kapsul*), dan H (*flagella*).





Gambar 2. 5 Bakteri *Escherichia coli*

Berdasarkan taksonominya bakteri *Escherichia coli* diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : *Bacteria*  
 Filum : *Proterobacteria*  
 Kelas : *Gamma Proteobacteria*  
 Ordo : *Enterobacteriales*  
 Family : *Enterobacteriaceae*  
 Genus : *Escherichia*  
 Species : *Escherichia coli*

*Escherichia coli* adalah salah satu bakteri yang tergolong *Coliform* dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia maupun hewan, oleh karena itu disebut juga *Fecal Coliform*. Bakteri koliform lainnya berasal dari hewan dan tanaman mati dan disebut koliform nonfekal, misalnya *Enterobakteri aerogenes*, *Escherichia coli* adalah grup koliform yang mempunyai sifat dapat memfermentasi laktose dan memproduksi asam dan gas pada suhu 37°C ataupun suhu 44.5 + 0.5°C dalam waktu 48 jam. Sifat ini digunakan untuk membedakan bakteri *Escherichia coli* dari *Enterobacter*, karena *Enterobacter*

tidak dapat membentuk gas dari laktose pada suhu  $44.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (Srikandi Fardiaz, 2012)

Menurut (WHO, 2020) beberapa jenis *Escherichia coli* yang berbahaya dan bisa menyebabkan penyakit. Jenis infeksi *Escherichia coli* yang paling umum yang menyebabkan penyakit pada orang disebut *Escherichia coli* O157, yang menghasilkan racun yang dikenal dengan *Shiga-toxin*. Gejala infeksi pada kuman ini termasuk diare berair atau berdarah, demam, kram perut, mual, dan muntah. Penyakitnya bisa ringan hingga parah (Zein, 2017). Anak-anak muda lebih cenderung mengalami masalah parah dengan *Escherichia coli* O157 termasuk gagal ginjal dan bahkan bisa meninggal akibat infeksi *Escherichia coli* O157 (CDC, 2019).

## 2. Jenis-jenis Bakteri *Escherichia coli*

Berdasarkan sifat dan karakteristik virulensinya, bakteri *Escherichia coli* diklasifikasikan menjadi 5 kelompok, diantaranya yaitu :

### a. *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC)

ETEC adalah *E. coli* patogen penyebab utama diare akut dengan dehidrasi pada anak-anak dan orang dewasa di negara-negara yang mempunyai 2 musim maupun 3 musim. ETEC menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan terjadinya ekskresi cairan elektrolit tubuh sehingga timbul diare dengan dehidrasi, secara immunologis enterotoksin yang dihasilkan oleh ETEC sama dengan enterotoksin yang dihasilkan oleh *V. cholera*. Enterotoksin ETEC terdiri dari dua macam yaitu:

1) *Labile Toxin* (LT)

*Labile Toxin* mempunyai berat molekul yang tinggi dan tidak tahan panas (musnah pada pemanasan 60°C selama 10 menit), toksin inilah yang mirip dengan *cholera toxin*.

2) *Stabile Toxin* (ST)

*Stabile Toxin* merupakan peptide berukuran kecil yang terdiri atas 18-48 asam amino yang memiliki banyak *cystein* dalam rantainya. Mempunyai berat molekul rendah, tahan pada pemanasan dan tidak mempunyai sifat antigenik. Manusia dapat berperan sebagai carrier kuman ini, yaitu sebagai pembawa kuman tetapi dia sendiri tidak sakit.

b. *Escherichia coli Enteropatogenik* (EPEC)

Penyebab penting diare pada bayi, khususnya di negara berkembang. EPEC melekat pada sel mukosa yang kecil. Faktor yang diperantarai secara kromosom menimbulkan pelekatan yang kuat. Akibat dari infeksi EPEC adalah diare cair yang biasanya sembuh sendiri tetapi dapat juga kronik. Lamanya diare EPEC dapat diperpendek dengan pemberian antibiotik. Diare terjadi pada manusia, kelinci, anjing, kucing dan kuda. Seperti ETEC, EPEC juga menyebabkan diare tetapi mekanisme molekular dari kolonisasi dan etiologi adalah berbeda. EPEC sedikit fimbria, ST dan LT toksin, tetapi EPEC menggunakan adhesin yang untuk mengikat inang sel usus. Sel EPEC *invasive* (jika memasuki sel inang) dan menyebabkan radang.

c. *Enteroinvasive E. coli* (EIEC)

EIEC menyebabkan penyakit yang sangat mirip dengan Shigellosis. Penyakit sering terjadi pada anak-anak di negara berkembang dan para wisatawan yang menuju ke negara tersebut. EIEC melakukan fermentasi laktosa dengan lambat dan tidak bergerak. EIEC menimbulkan penyakit melalui invasinya ke sel epitel mukosa usus. Diare ini ditemukan hanya pada manusia (Radji, 2011).

d. *Escherichia coli Enterohemoragik* (EHEC)

Menghasilkan verotoksin, dinamai sesuai efek sitotoksinya pada sel Vero, suatu sel hijau dari monyet hijau Afrika. Terdapat sedikitnya dua bentuk antigenic dari toksin. EHEC berhubungan dengan hollitis hemoragik, bentuk diare yang berat dan dengan sindroma uremia hemolitik, suatu penyakit akibat gagal ginjal akut, anemia hemolitik mikroangiopatik, dan trombositopenia. Banyak kasus EHEC dapat dicegah dengan memasak daging sampai matang. Diare ini ditemukan pada manusia, sapi, dan kambing (Radji, 2011).

e. *Entero Adherent Escherichia coli* (EAEC)

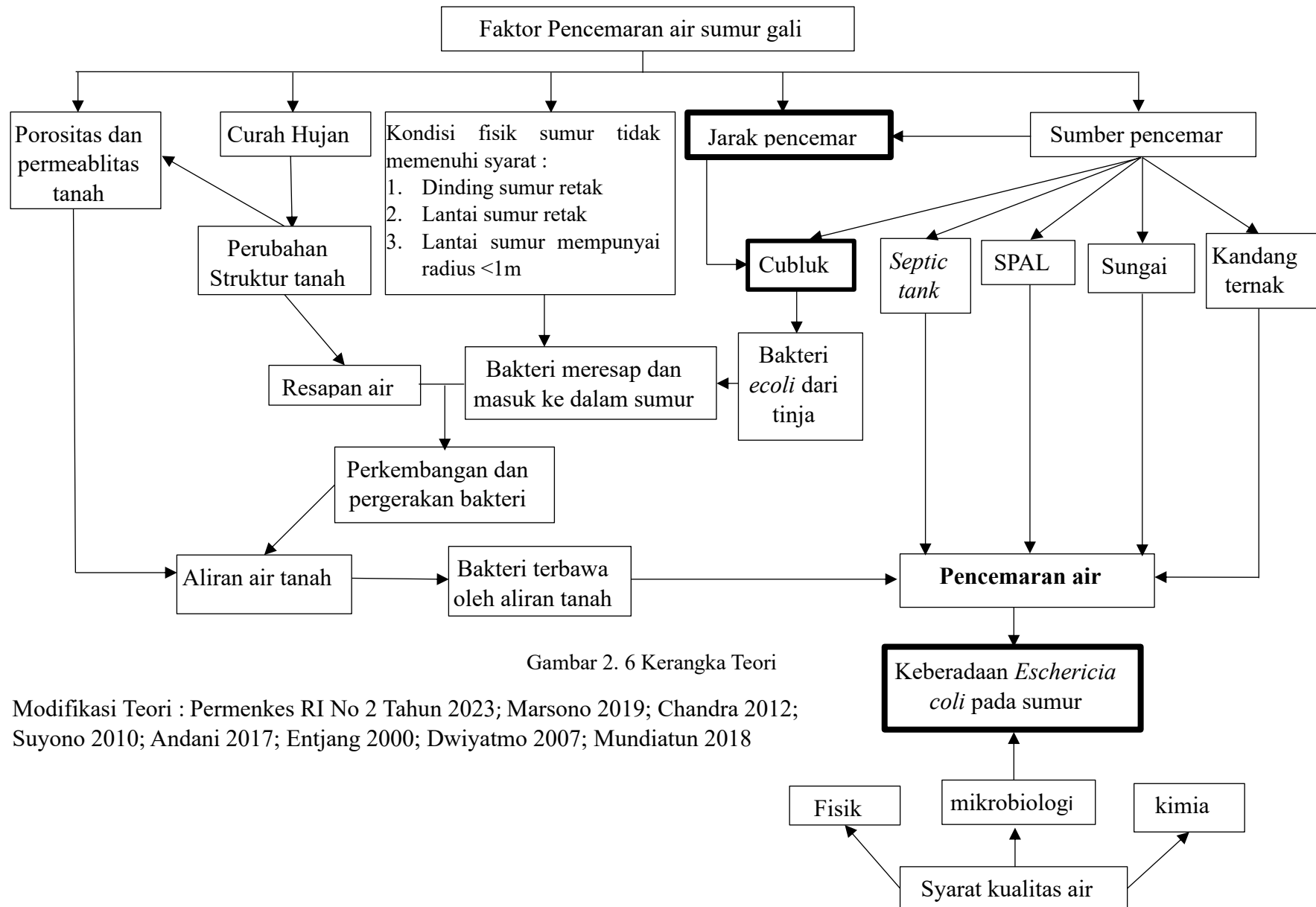
EAEC telah ditemukan di beberapa negara di dunia ini. Transmisinya dapat *food-borne* maupun *water-borne*. Patogenitas EAEC terjadi karena kuman melekat rapat-rapat pada bagian mukosa intestinal sehingga menimbulkan gangguan. Mekanisme terjadinya diare yang disebabkan oleh EAEC belum jelas diketahui, tetapi diperkirakan

menghasilkan sitotoksin yang menyebabkan terjadinya diare. Beberapa strain EAEC memiliki serotipe seperti EPEC. EAEC menyebabkan diare berair pada anak-anak dan dapat berlanjut menjadi diare persisten (Radji, 2011).

### 3. Proses Perkembang Biakan Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* berkembang biak dengan membelah diri setiap 15-30 menit pada lingkungan yang ideal, dapat bertahan hidup dan berkembang biak dengan cara memanfaatkan makanan terlarut dalam air dan hidup pada feses. *Escherichia coli* Dapat tumbuh berlebih apabila seseorang mengkonsumsi makanan yang sudah terkontaminasi dengan bakteri tersebut seperti susu, makanan yang tidak diolah dengan sempurna, ataupun makanan dan minuman yang tercemar oleh feses. *Escherichia coli* dapat tumbuh pada suhu tinggi maupun rendah, dengan suhu rendah 7°C dan suhu tinggi hingga 44°C, namun bakteri *Escherichia coli* tumbuh optimal pada suhu antara 35-37°C dengan pH 7-7,5. Hidup di lingkungan lembab dan akan mati saat terjadinya proses pemanasan makanan (Sofiana, 2012). Dalam jumlah sedikit, ia bisa masuk ke tubuh manusia lewat kontak dengan kotoran tersebut, baik melalui makanan maupun minuman yang terkontaminasi, serta dapat meracuni tubuh lewat sayuran yang tercemar. Mereka yang terkena langsung akan menderita diare berat, dehidrasi, mual, muntah, bahkan bisa menyebabkan pendarahan (Dwiyatmo, 2007).

### E. Kerangka Teori



Gambar 2. 6 Kerangka Teori

Modifikasi Teori : Permenkes RI No 2 Tahun 2023; Marsono 2019; Chandra 2012; Suyono 2010; Andani 2017; Entjang 2000; Dwiyatmo 2007; Mundiatur 2018