

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah bakteri gram negatif, coccobacillus yang termasuk dalam keluarga Enterobacteriaceae. Kelompok ini dikenal sebagai bakteri usus, yaitu mikroorganisme yang mampu bertahan hidup dan berkembang biak di saluran pencernaan. *Escherichia coli* sering ditemukan sebagai bagian dari flora normal dalam sistem gastrointestinal manusia dan hewan; meskipun demikian, bakteri ini dapat menunjukkan patogenisitas dalam kondisi tertentu. Bakteri ini dikenal sebagai penyebab berbagai jenis infeksi, termasuk infeksi saluran kemih, gangguan pada sistem pencernaan, serta infeksi luka setelah operasi (Hamida et al., 2019).

B. Klasifikasi *Escherichia coli*

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Proteobacteria</i>
Kelas	: <i>Gamma Proteobacteria</i>
Ordo	: <i>Enterobacteriales</i>
Famili	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>

Escherichia coli dapat merespon sinyal lingkungan seperti bahan kimia, pH, suhu, osmolaritas, dan lain - lain. Dalam sejumlah cara yang sangat luar biasa mengingat ini adalah organisme uniseluler (Martani, 2020).

C. Morfologi *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri yang hidup di dalam saluran pencernaan manusia dan hewan. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif, yang berarti dapat tumbuh subur dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. Bakteri anaerob fakultatif, termasuk *Escherichia coli*, sering dikenal sebagai patogen. *Escherichia coli* berbentuk batang pendek, berukuran sekitar 0,4–0,7 µm x 1,4 µm, bersifat motil, dan tidak memiliki inti sel, organel eksternal, atau sitoskeleton. Bakteri ini memiliki struktur eksternal yang dibatasi oleh vili, yaitu filamen yang memanjang dan tipis (Soegijanto, 2016).

Escherichia coli tergolong bakteri gram negatif, yang ditandai dengan morfologi batang pendek dan warna merah setelah pewarnaan (Rahayu, AS & Gumilar, 2017). EMBA (Eosin Methylene Blue Agar) berfungsi sebagai media selektif untuk budidaya *Escherichia coli*. Media berubah dari merah tua menjadi kehitaman dan kemudian menjadi hijau metalik karena keasaman agar yang tinggi akibat fermentasi *Escherichia coli*, sehingga media ini selektif untuk pertumbuhannya (Sabudi & Hendrayana, 2017).

D. Bakteri *Coliform*

Coliform mengacu pada kategori bakteri Gram-negatif, berbentuk batang yang bersifat oksidase-negatif, mampu melakukan respirasi aerobik atau anaerobik fakultatif, tidak membentuk spora, mampu berkembang biak pada media agar yang mengandung garam empedu, dan memiliki kapasitas untuk memfermentasi laktosa, sehingga menghasilkan gas dan asam dalam waktu 48 jam pada suhu 37°C (Rifai et al., 2019). Kehadiran bakteri *Coliform* dalam makanan atau minuman menandakan

kemungkinan kontaminasi oleh mikroorganisme enteropatogenik dan/atau toksigenik yang dapat membahayakan kesehatan. Bakteri koliform terbagi menjadi dua kelompok utama: (1) Coliform fekal, seperti *Escherichia coli*, dan (2) Coliform non-fekal, seperti *Enterobacter aerogenes*. *Escherichia coli* sering kali berasal dari kotoran manusia dan hewan, sedangkan *Enterobacter aerogenes* paling banyak ditemukan pada hewan atau tumbuhan yang sedang membusuk (Irianto, 2013).

E. Air

1. Pengertian air

Air merupakan molekul kimia yang terdiri dari satu atom oksigen dan dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen. Air merupakan kebutuhan esensial bagi kelangsungan hidup semua organisme hidup (Revansyah et al., 2023). Air merupakan kebutuhan esensial bagi semua organisme di Bumi. Air terkadang dipandang sebagai sumber daya alam yang tidak terbatas dan dapat diakses secara terus-menerus. Air merupakan sumber daya alam yang terbatas karena siklus hidrologinya yang relatif stabil. Prevalensi air di Bumi, sebagaimana dikemukakan oleh (Sugandy, 2007) dalam (Harudu & Yanti, 2019) distribusinya secara konsisten tidak merata. Air merupakan kebutuhan esensial bagi manusia. Penggunaan air bersih dan tidak terkontaminasi sangat penting untuk mempertahankan kesehatan yang optimal. Kelangsungan hidup organisme hidup pada dasarnya bergantung pada kebutuhan esensial mereka akan air. Kebutuhan air bersih sangat penting bagi manusia, termasuk untuk minum, mandi, mencuci, dan beberapa kebutuhan sanitasi lingkungan lainnya. Selain itu, air sangat penting untuk pembersihan, termasuk wudhu dan mandi besar (Mujiyanto &

Muhammad, 2022). Kementerian Kesehatan menetapkan bahwa air minum harus memenuhi standar fisik, kimia, mikrobiologi, dan radioaktif. Pengadaan air minum yang tidak memenuhi persyaratan dapat menimbulkan bahaya kesehatan. Ketersediaan air minum harus mudah diakses dan menguntungkan bagi semua masyarakat. Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023, telah dibuat oleh Kementerian Kesehatan untuk memastikan bahwa air minum memenuhi standar yang diperlukan. Berdasarkan peraturan perundang-undangan tersebut, persyaratan standar air dapat dibedakan menjadi standar baku air minum, standar baku higiene dan sanitasi, standar baku air kolam renang, standar baku air SPA, dan standar baku air pemandian umum. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, air minum umum wajib memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

F. Sumber Air

Menurut (Marasabessy *et al.*, 2023) sumber mata air ada tiga jenis yaitu :

1. Air permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi akibat lapisan tanah jenuh air tidak mampu menyerapnya. Akibatnya, sebagian besar air tersebut terkumpul dan mengalir ke daerah yang lebih rendah, yang terkadang disebut sungai. Air permukaan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu air sungai dan air kolam/danau.

2. Air angkasa

Air angkasa adalah air yang berasal dari atmosfer dan terakumulasi di permukaan Bumi. Volume air di atmosfer Bumi merupakan sekitar 0,001% dari total pasokan air planet ini. Air luar angkasa diklasifikasikan menjadi dua kategori: air hujan dan air salju yang mencair.

3. Air tanah

Air tanah adalah presipitasi yang turun ke permukaan bumi, diserap oleh tanah, dan mengalami proses penyaringan alami, sehingga menjadi lebih murni dan lebih unggul daripada air permukaan. Air tanah dibagi menjadi tiga jenis, yaitu air dangkal, air tanah dalam, dan mata air. Pembagian ini berkaitan dengan kualitas, kuantitas, dan kandungan mineral air tanah (Alamsyah, 2006).

a. Air tanah dangkal

Air tanah dangkal terletak sekitar 15 meter di bawah permukaan dan memiliki kualitas yang cukup untuk digunakan sebagai air minum. Keberadaan air tanah dangkal bergantung pada musim: melimpah pada musim hujan dan berkurang pada musim kemarau. Di Indonesia, beberapa orang memanfaatkan air tanah dengan cara menggali sumur untuk memenuhi kebutuhan air tawar mereka. Sumur-sumur ini memungkinkan pengambilan air tanah dangkal dari lapisan atas akuifer, lapisan yang direkayasa untuk penyimpanan dan aliran air (Alamsyah, 2006).

b. Air tanah dalam

Air tanah dalam terletak di antara dua lapisan batuan kedap air atau permeabel, yang disebut akuifer terbatas. Air tanah dalam dapat keluar secara alami dari akuifer

melalui sumur artesis, yang muncul ketika lapisan kedap air di antara akuifer miring. Air tanah dalam, yang terletak pada kedalaman 100 hingga 300 meter di bawah permukaan, seringkali menunjukkan kualitas yang lebih tinggi daripada air tanah dangkal. Berbeda dengan air tanah dangkal, fluktuasi musiman tidak memengaruhi kuantitas air tanah dalam (Alamsyah, 2006).

c. Mata air

Mata air adalah sumber air bawah tanah yang muncul di permukaan melalui celah-celah batuan akibat adanya tekanan. Mata air berasal dari celah-celah batuan bawah tanah setelah melintasi akuifer bertekanan tertentu. Air dari sumber ini seperti air tanah karena mengandung banyak mineral dan tidak mengandung bakteri patogen jika dikonsumsi dengan benar. Aliran tercemar dan distribusinya sangat penting selama penyaluran mata air ke pusat air bersih. Untuk memenuhi kebutuhan sekelompok rumah tangga yang menerima bangunan yang dilindungi, digunakan bronkaptering (Sudana, 2018).

G. Air Minum

1. Pengertian air minum

Air minum melalui berbagai proses pengolahan atau bahkan tanpa pengolahan, asalkan memenuhi standar kesehatan dan dapat langsung dikonsumsi (Kementerian Kesehatan, 2023).

2. Sumber air minum

Menurut (Irfandi, 2013) Beberapa jenis sarana air bersih yang umum digunakan oleh masyarakat antara lain adalah:

a. Sumur gali

Sumur gali merupakan salah satu sarana untuk memperoleh air bersih yang pengambilannya dilakukan secara manual hingga menghasilkan air yang dapat dimanfaatkan. Jenis sumur ini terbagi menjadi dua, yaitu sumur dangkal dengan kedalaman sekitar 10–15 meter dan sumur dalam dengan kedalaman antara 15 hingga 30 meter.

b. Perpipaan

Sistem perpipaan terdiri atas infrastruktur, peralatan, dan perlengkapan yang dibuat khusus untuk mendistribusikan air minum kepada masyarakat melalui jaringan pipa yang mengalirkan air langsung ke tempat tinggal penduduk. Salah satu bentuk sistem penyediaan air berbasis perpipaan adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

c. Penampungan air hujan

Penampungan air hujan adalah sarana pemanfaatan air hujan sebagai sumber air bersih, yang dilakukan dengan menampung air saat terjadi hujan. Air hujan yang jatuh di atap rumah atau bangunan lainnya diarahkan melalui talang atau saluran air, kemudian dialirkan menuju wadah penampungan.

d. Perlindungan mata air (PMA)

Perlindungan mata air atau PMA merupakan konstruksi yang dirancang untuk mengumpulkan sekaligus menjaga kebersihan sumber mata air dari risiko pencemaran. Desain PMA menyesuaikan dengan kondisi lapangan, termasuk lokasi sumber air, kedekatannya terhadap permukaan, serta kapasitas yang dibutuhkan.

Biasanya, PMA terdiri dari bangunan penangkap dan bak penampungan air, serta dilengkapi dengan komponen untuk menghindari kontaminasi, seperti saluran pembuangan limbah dan sistem drainase untuk mengalirkan air hujan menjauh dari area penampungan.

H. Standar Kualitas Air

Standar kualitas air menunjukkan tingkat yang disyaratkan oleh konsumen, khususnya pada sumber air. Standar kualitas memungkinkan evaluasi kualitas air dengan menganalisis konsentrasi unsur-unsurnya sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Akibatnya, standar kualitas berfungsi sebagai tolok ukur. Standar Kualitas Air WHO, termasuk dimensi fisik, kimia, dan biologis, berfungsi sebagai dasar untuk menetapkan standar kualitas air secara global (Dewi, 2016).

1. Persyaratan fisik

Parameter fisika, yaitu parameter kualitas air yang dapat dianalisis atau diamati berdasarkan karakteristik fisik dan visual (Handri, M., et al 2023).

a. Suhu

Suhu air yang baik harus sama dengan suhu udara ± 3 derajat. Suhu air yang meningkat atau menurun dari suhu udara memperlihatkan bahwa air mengandung zat tertentu, seperti fenol yang larut di dalam air, atau sedang melakukan aktivitas tertentu, seperti penguraian organik, atau aktivitas mikroba untuk menghasilkan energi, dan telah dikeluarkan atau diserap. sumber daya energi domestik.

b. Bau

Jika tercium dari jarak jauh atau dekat, air yang baik tidak memiliki bau. Air yang berbau busuk memiliki arti bahwa air tersebut mengandung bahan organik yang diuraikan oleh mikroorganisme.

c. Rasa

Air yang baik adalah air tawar yang dapat dirasakan oleh lidah. Rasa tertentu pada air, menandakan bahwa air tersebut memiliki kualitas yang buruk.

d. Warna

Air yang dipergunakan di rumah tangga ataupun lainnya harus berwarna jernih dan tidak berwarna. Jika berwarna, ada bahan yang berbahaya bagi tubuh.

e. TDS (*Total Dissolve Solid*)

TDS (Total Dissolve Solid) adalah istilah fisika yang mengukur konsentrasi agregat zat terlarut dalam air, termasuk molekul organik dan anorganik. Total Dissolved Solids (TDS) mencakup banyak senyawa, termasuk karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, dan mineral seperti kalsium, magnesium, natrium, beserta ion organik dan anorganik lainnya. Kandungan TDS dalam air dapat memengaruhi karakteristik rasa, seperti memberikan sensasi asin atau rasa menyerupai air garam. Konsumsi air dengan kandungan TDS yang tinggi berisiko menyebabkan penumpukan garam dalam organ ginjal, yang pada akhirnya dapat mengganggu fungsi fisiologis ginjal (Afrianita et al., 2017).

f. Kekeruhan

Kondisi air yang keruh disebabkan oleh tingginya jumlah partikel tersuspensi di dalamnya, yang dapat menyebabkan perubahan warna menjadi kekuningan, keruh, atau

bahkan tampak kotor dan berlumpur (Nanda et al., 2023). Berdasarkan Permenkes nomor 2 tahun 2023 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan tentang Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi Kekeruhan kadar maksimum yang di perbolehkan adalah <3 NTU.

Tabel 1.

Persyaratan Fisik

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan	Metode Pengujian
1	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$	SNI/ APHA
2	<i>Total Dissolve Solid</i>	<300	mg/L	SNI/ APHA
3	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
4	Warna	10	TCU	SNI/ APHA
5	Bau	Tidak berbau	-	APHA

(Permenkes No. 2 Tahun 2023)

2. Persyaratan mikrobiologi

Salah satu syarat mikrobiologi pada air adalah Coliform tidak boleh ada dalam air karena telah terkontaminasi kotoran manusia. Berdasarkan Peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, total coliform 0 MPN per 100 ml dan *Escherichia coli* 0 MPN per 100 ml.

Tabel 2.

Persyaratan Mikrobiologi

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan	Metode Pengujian
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI/ APHA
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI/ APHA

(Permenkes No. 2 Tahun 2023)

3. Persyaratan kimia

Evaluasi kualitas air berdasarkan sifat kimia dapat dilakukan dengan pemeriksaan kadar pH, kesadahan, nitrit, nitrat, amonia, sulfat, dan konsentrasi logam (Tatangindatu et al., 2013) dalam (Khasanah & Ramli, 2022).

Tabel 3.

Persyaratan Kimia

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan	Metode Pengujian
1	pH	6.5 – 8.5	-	SNI/ APHA
2	Nitrat (sebagai NO ³) (terlarut)	20	mg/L	SNI/ APHA
3	Nitrit (sebagai NO ²) (terlarut)	3	mg/L	SNI/ APHA
4	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺)	0,01	mg/L	SNI/ APHA
5	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/ APHA
6	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	mg/L	SNI/ APHA

7	Sisa khlor (terlarut)	0,2-0,5 dengan kontak 30 menit	mg/L	SNI/ APHA
8	Arsen (As) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/ APHA
9	Kadmium (Cd) (terlarut)	0,003	mg/L	SNI/ APHA
10	Timbal (Pb) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/ APHA
11	Flouride (F) (terlarut)	1,5	mg/L	SNI/ APHA
12	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/ APHA

(Permenkes No. 2 Tahun 2023)

I. Metode MPN

MPN (*Most Probable Number*) atau dikenal juga sebagai Jumlah Perkiraan Terdekat (JPT) digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah bakteri *Escherichia coli*. Pemeriksaan terhadap bakteri Coliform dilakukan menggunakan media Brilliant Green Lactose Bile 2% (BGLB 2%). Prinsip dasar dari metode ini adalah mengamati adanya pertumbuhan bakteri Coliform yang ditunjukkan dengan pembentukan gas di dalam tabung durham setelah proses inkubasi dalam media tertentu. Hasil pengamatan tersebut kemudian dicocokkan dengan angka pada tabel MPN. Prosedur uji MPN dilakukan melalui tiga tahapan (Radji, 2010).

1. Uji pendugaan (*presumptive test*)

Tahap awal ini bertujuan untuk mendeteksi kemungkinan keberadaan bakteri *Coliform* melalui pengamatan terhadap pembentukan gas dan asam yang dihasilkan dari proses fermentasi laktosa oleh kelompok bakteri coli. Hasil positif ditandai dengan media yang tampak keruh dan terbentuknya gelembung gas dalam tabung Durham.

Sebuah tabung dinyatakan positif apabila gas yang terbentuk mencapai setidaknya 10% dari volume tabung Durham. Jumlah bakteri diperkirakan berdasarkan jumlah tabung yang menunjukkan reaksi positif, kemudian dibandingkan dengan tabel MPN untuk menentukan nilai estimasinya. Metode ini digunakan untuk memperkirakan jumlah mikroorganisme dalam sampel cair, dengan proses inkubasi selama 24 jam pada suhu 35°C. Jika dalam waktu 48 jam tidak ada gas yang terbentuk, maka sampel dianggap negatif. Jumlah tabung positif pada setiap kelompok pengenceran selanjutnya digunakan untuk mendapatkan estimasi populasi mikroba dari tabel MPN.

2. Uji penegasan (*confirmed test*)

Uji Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa gas yang dihasilkan benar-benar berasal dari aktivitas bakteri Coliform. Bila hasil dari uji pendahuluan menunjukkan reaksi positif, maka dilakukan perhitungan indeks yang selanjutnya dibandingkan dengan tabel MPN untuk mengetahui konsentrasi Coliform dalam sampel (Wardhany, 2015).

3. Uji lengkap (*completed test*)

Uji ini dilakukan sebagai tahap lanjutan apabila diperlukan, dengan menggunakan sampel dari tabung yang menunjukkan hasil positif pada tahap konfirmasi. Pelaksanaan uji lengkap terhadap Coliform bersifat opsional dan bergantung pada beberapa faktor, seperti ketersediaan waktu, kualitas sampel, anggaran biaya, dan pertimbangan teknis lainnya (Wardhany, 2015)