

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air

2.1.1. Pengertian

Air menjadi unsur esensial bagi kehidupan karena air dibutuhkan oleh semua organisme hidup untuk kelangsungan hidup mereka. Hewan perlu air untuk hidrasi dan fungsi fisiologis. Tumbuhan perlu air guna berfotosintesis dan menghasilkan oksigen dan mendukung kualitas udara. Air bagi manusia digunakan untuk konsumsi, sanitasi, serta fungsi biologis lainnya. (Lestari , 2014)

Kebutuhan air untuk kehidupan sehari-hari beragam antar tempat atau wilayah yang ditinggali. Permintaan akan air akan semakin tinggi seiring dengan tingginya aktivitas kehidupan. Kementerian Kesehatan menyatakan bahwasanya jumlah air per orang yaitu 60 liter: 30 liter untuk mandi, 15 liter untuk minum, serta sisanya untuk kebutuhan lain. (Ristiati, 2017)

Seiring dengan kemajuan dan meningkatnya taraf hidup, permintaan air bersih pun akan meningkat, terutama untuk keperluan rumah tangga. Oleh karena itu, upaya untuk menyediakan sumber daya air baru akan terus dilakukan, termasuk:

1. Mengembangkan sumber air baru seperti air dari tanah, Sungai dan danau.
2. Pengelolaan dan penyediaan air laut.
3. Daur ulang sumber air yang terkontaminasi seperti air sungai, air danau dan sumber air lainnya tercemar secara fisik, kimia dan mikrobiologis. (Ristiati, 2017)

2.1.2. Sumber Air

Kesediaan berbagai sumber air di seluruh bumi datang dari banyak sumber. (Ristiati, 2017), menggolongkan air berdasarkan letak sumbernya yaitu:

1. Air udara : air yang berada di awan baik itu hujan, salju atau hujan es.
2. Air permukaan: badan air berupa sungai, danau serta laut.
3. Air Tanah: berasal dari bawah permukaan bumi yang terkonsentrasi di seluruh pori-pori tanah serta ruang-ruang di dalam dan antara batuan.

2.1.3. Syarat-syarat Kualitas Air Minum

Tersedianya air bersih untuk keperluan sehari-hari wajib sesuai dengan persyaratan peraturan internasional (WHO atau APHA). Di Indonesia, persyaratan mengenai kualitas air bersih diatur oleh “Undang-Undang Kementerian Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/IV/2010”. Aspek-aspek ini mencakup:

1. Kualitas fisik

Yaitu merujuk pada kekeruhan, suhu, warna, bau serta rasa. Air dengan kualitas baik harus bebas warna, rasa dan bau, serta suhu air harus memenuhi peraturan yang berlaku.

2. Kualitas Kimia

Berkaitan dengan kandungan senyawa logam berbahaya. Senyawa logam dalam air minum seperti Al, Fe, magnesium, klorin, seng, tembaga, sulfat dan amonia harus kurang dari nilai yang ditentukan. Nilai pH pada air minum ditetapkan yaitu 6,5-8,5. Persyaratan tersebut dirancang untuk mencegah masalah kesehatan. Selain itu, senyawa atau zat di dalam air juga diharapkan tidak membahayakan wadah tempat penyimpanan air minum tersebut.

3. Kualitas Bakteriologis

Yaitu air minum di mana bakteri *Coliform* yang terkandung tak boleh melebihi batas sampel 0/100 ml. Sumber bakteri ini yaitu usus besar (feses) dan tanah.

Adapun bakteri patogen di dalam air mencakup: *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholera*, *Shigella dysenterii*.

Terkandungnya bakteri dalam air diyakini terkontaminasi kotoran manusia.

Oleh karena itu, pengujian bakteri tidak secara langsung memeriksa apakah air tersebut mengandung bakteri berbahaya atau tidak, melainkan dengan indikator bakteri *Coli*. (Zhafirah D, 2016)

2.1.4. Air Minum Isi Ulang

(Nuria et al, 2009) menyatakan bahwa air minum kemasan merupakan "Air yang telah diolah dengan sinar UV, ozon, filtrasi, atau keduanya melalui berbagai analisis sehingga diperoleh air bersih yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan".

Air minum yang terkontaminasi tidak hanya tersebar luas, tetapi juga berpotensi terkontaminasi oleh bakteri, sebab tak semua fasilitas penyimpanan air minum dikelola dengan baik, yang mencakup kualitas air baku, jenis peralatan beserta pemeliharaannya, dan manajemen air olahan. (Nuria et al, 2009)

2.2. Bakteri *Coliform*

Menurut (Natalia et al, 2014) bahwa *Coliform* merupakan "sekelompok bakteri heterogeny yang bentuknya batang, gram negatif, non-spora, aerobik, serta anaerobik fakultatif yang mencerna laktosa dan menghasilkan gas dalam media BGLB dalam waktu 24 hingga 48 jam pada suhu 35°C".

Bakteri tersebut terbagi atas dua jenis yakni *Coliform faecal* dan *non faecal*.

1. *Coliform faecal* merupakan *Coliform* dengan kemampuan fermentasi laktosa pada suhu 44 derajat Celcius. Contohnya adalah *Escherichia coli*. *Coliform faecal* menunjukkan adanya kotoran manusia atau hewan. Disarankan agar *Escherichia coli* digunakan sebagai indikator kontaminasi karena bakteri ini mudah dibedakan dengan bakteri *Coliform faecal* lainnya.. (Ristiati, 2017)
2. *Coliform non faecal* adalah *Coliform* dengan kemampuan fermentasi laktosa melalui suhu 37°C. Bakteri *Coliform* jenis ini itemukan pada hewan dan tumbuhan yang terinfeksi dan mampu menimbulkan infeksi saluran pernapasan. Contohnya yaitu *Enterobacter aerogenes* dan *Klebsiella pneumoniae*. (Natalia et al, 2014)

2.2.1. *Escherichia coli*

A. Pengertian *Escherichia coli*

Escherichia coli menurut (Rahayu et al, 2018) yaitu "salah satu jenis bakteri *Coliform* yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. *Enterobacteriaceae* merupakan bakteri usus atau bakteri yang hidup dan bertahan hidup di saluran pencernaan. *Escherichia coli* adalah bakteri berbentuk batang yang termasuk dalam flora usus mamalia".

Escherichia coli sebagai patogen pertama kali diidentifikasi pada tahun 1935 sebagai faktor diare.

Escherichia coli patogen tersebut, dikenal juga sebagai "*diarrheagenic Escherichia coli*" (DEC) meliputi enam macam, diantaranya: "*Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC), *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC), *Enterohemorrhagic Escherichia coli* (EHEC), *Enteroinvasive Escherichia coli* (EIEC), *Enteroadgregative Escherichia coli* (EAEC) dan *Diffusely Adherent Escherichia coli* (DAEC)". (Rahayu et al, 2018)

Escherichia coli terbagi atas 3 kelompok besar menurut interaksi dengan inang (manusia), diantaranya : "Non patogen (komensal), Patogen saluran pencernaan dan Patogen diluar saluran pencernaan (ekstraintestinal)".

B. Karakteristik Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah bakteri Gram negatif, bentuknya batang, berukuran 1,0-1,5 μm x 2,0-6,0 μm , motil beserta flagela, di mana pertumbuhannya dapat dibantu oleh oksigen ataupun tidak, sifatnya anaerob kompeten, beradaptasi pada lingkungan dengan nutrisi rendah. Ciri-ciri biologis lainnya *Escherichia coli* antara lain kemampuan memproduksi indole, rendahnya kemampuan memfermentasi sitrat, uji urease negatif. (Rahayu et al, 2018)

C. Antigen Dasar Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli pun mampu diidentifikasi berdasarkan serotipe melalui keberadaan ataupun jenis tiga antigen dasar, diantaranya: "lipopolisakarida, antigen somatik (O), antigen flagellar (H) dan antigen kapsuler (K)". (Rahayu et al, 2018)

1. Antigen (O)

Merupakan komponen eksternal dari dinding lipopolisakarida, terdiri dari unit-unit polisakarida yang berulang. Memiliki ketahanan terhadap panas dan alkohol, serta umumnya terdeteksi melalui metode aglutinasi bakteri. Adapun antibodi utama pada antigen O ialah IgM. *Escherichia coli* tipe O sering dikaitkan dengan sejumlah penyakit khusus, termasuk diare serta infeksi saluran kemih, baik pada wanita maupun pria.

2. Antigen (H)

Antigen H, terdegradasi oleh panas atau alkohol dan bergabung bersama antibodi anti-H, utamanya IgG. Antigen H ditentukan oleh fungsi urutan asam amino pada protein flagela.

3. Antigen (K)

Ini adalah bagian luar antigen O. Antigen *Escherichia coli* K merupakan polisakarida yang menimbulkan reaksi aglutinasi melalui antiserum O, yang mampu menjadi penyebab penyakit parah. Antigen jenis ini menjadi faktor penyebab bakteri menempel pada sel epitel sebelum memasuki saluran pencernaan atau urin. (Jawetz, 2017)

D. Spesies *Escherichia coli*

Kelompok *diarrheagenic Escherichia coli*, yaitu "EHEC, ETEC, EIEC", bertanggung jawab atas kasus diare akut parah, sementara "EPEC, EAEC dan DAEC" terkait dengan diare bersifat sedang sampai kronis. (Rahayu et al, 2018)

1. *Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC)

Enterotoxigenic Escherichia coli (ETEC), yang menghasilkan enterotoksin, dan menyebabkan terjadinya diare baik pada manusia maupun hewan. ETEC akan berikatan dengan sel-sel mukosa usus halus melewati interaksi yang dimediasi oleh faktor kolonisasi (CF) setelah masuk saluran pencernaan. *Escherichia coli* enterotoksigenik ditularkan melalui jalur fecal-oral. Feng (2015) menemukan bahwa sebagian besar kasus ETEC disebabkan oleh konsumsi air dan makanan yang terkontaminasi seperti kubis, peterseli, daun ketumbar, lobak, dan bayam. (Rahayu et al, 2018)

2. *Enteropatogenik Escherichia coli* (EPEC)

Enteropatogenik Escherichia coli menjadi satu diantara faktor utama terjadinya diare di negara berkembang. Bakteri ini mampu menimbulkan diare parah pada bayi yang berlangsung hingga 2 minggu dan dapat menyebabkan kematian serta dehidrasi berat. Ciri utama EPEC adalah kemampuannya menginfeksi saluran cerna melalui kerusakan mikrovili usus (penghancuran ekstraseluler). (Rahayu et al, 2018)

3. *Enterohemoragik Escherichia coli* (EHEC)

Enterohemoragik Escherichia coli (EHEC) adalah jenis yang menjadi penyebab diare berdarah ataupun kolitis berdarah pada manusia dan mampu memicu sindrom uremik hemolitik (HUS). Infeksi yang disebabkan oleh EHEC dapat mengakibatkan gagal ginjal pada anak serta berpotensi menyebabkan kematian pada orang dewasa. (Rahayu et al, 2018)

Enterohemoragik Escherichia coli ditularkan melalui jalur fecal-oral. Makanan asal hewan berupa daging, susu mentah ataupun sayuran dengan kontaminasi yang menjadi sumber utama EHEC tertular pada manusia. (Rahayu et al, 2018)

4. *Enteroinvasif Escherichia coli* (EIEC)

Enteroinvasif Escherichia coli memiliki sifat non-motil dan anaerobic serta tak mampu mencerna laktosa. Lebih lanjut, patogenesis EIEC sangat berbeda dengan *Escherichia coli* lainnya. EIEC menyerupai shigellosis (disebabkan oleh *Shigella*) dalam hal mekanisme penyakit yang melibatkan invasi bakteri serta rusaknya lapisan usus. (Rahayu et al, 2018)

Van den Beld dan Reubsaet 2012 dalam (Rahayu et al, 2018) Spesies EIEC dikatakan memiliki perbedaan sejumlah karakteristik biokimia dengan *Escherichia coli* patogen lain, namun juga mampu menimbulkan infeksi jamur melalui mekanisme yang sama seperti *Shigella*.

5. *Enteroagregatif Escherichia coli* (EAEC)

Croxen dan finlay 2010 dalam (Rahayu et al, 2018) Ia menjelaskan bahawa *Enteroagregatif Escherichia coli* ialah strain *Escherichia coli* penyebab diare pada anak serta menimbulkan diare pelancong nomor dua pasca ETEC. Penularannya melalui fecal-oral. Beberapa penelitian menunjukkan kemungkinan EAEC dapat menyebar melalui makanan.

6. *Difusi Adheren Escherichia coli* (DAEC)

Memiliki karakteristik gen virulensi yang berbeda dengan jenis *Escherichia coli* lain (ETEC, EPEC, EAEC), DAEC sebagai Patogenisitas masih memerlukan studi lebih lanjut. (Rahayu et al, 2018)

2.2.2. *Enterobacter aerogenes*

Yaitu bakteri gram negatif dengan bentuk basil, kapsul dan berwarna serta ukurannya 0,6-1,0 μm x 1,2-3,0 μm , motil, pembentuk spora. Seringkali ditemukan bersamaan dengan *Escherichia coli*, umumnya di lingkungan berupa air, tanah, serta feses manusia dan hewan. Ukuran koloninya cukup besar dengan warna putih-merah, lunak, bulat, bulat serta halus. Tak hanya itu, bakteri satu ini juga memecah karbohidrat berupa gula dan laktosa menjadi asam dan gas. (Jawetz, 2007)

2.3. Most probable Number (MPN)

Merupakan sebuah metode untuk menguji bakteri *Coliform* serta *Escherichia coli* dalam sampel air dan makanan. (Kurniawan et al, 2021)

Metode ini mencakup tiga tahapan investigasi, diantaranya tes dugaan melalui penggunaan media kaldu laktosa (LB) dengan baris tabung 3-3-3 atau 5-1-1, tes konfirmasi melalui penggunaan media Brilliant Green Lactose Broth (BGLB), uji lengkap melalui media endo-agar, serta tes identifikasi dengan media pengujian biokimia atau IMVIC (Indole, Methyl Red, Voges-Proskauer, Simon Citrat) & TSIA (Triple Sugar Iron Agar). (Afif et al, 2015)

1. Pengujian Penduga (*Presumptive test*)

Tujuannya : Untuk mengetahui apakah terdapat bakteri peragi laktosa
Dapat diamati melalui pembentukan gas sebanyak
 $\frac{1}{10}$ dari tabung durham.

Media : Lactosa Broth

2. Pengujian Penegasan (*Confirmative test*)

Tujuannya : Guna menentukan hasil positif pada pengujian awal
benar-benar disebabkan oleh golongan coli.

Media : BGLB (*Brilian Green Lactose Broth*)

3. Pengujian Sempurna (*Complete test*)

Tujuannya : Untuk menyempurnakan hasil pemeriksaan

Media : Endo Agar

2.4. IMVIC (Indol, Methyl Red, Voges Proskauer, Simon Citrat) & TSIA (Triple Sugar Iron Agar)

1. Uji Indol

Ditujukan untuk mengevaluasi sejauh mana bakteri mampu memproduksi indol melalui aktivitas enzim triptofanase. Triptofan, yang merupakan asam amino esensial, dipecah oleh sejumlah bakteri menjadi indol, asam piruvat, serta amonia. Pereaksi indol yaitu reagen Kovac. Indole mempunyai hasil tes positif terhadap bakteri *Escherichia coli*, terlihat dengan adanya cincin merah di ujungnya, akibat reaksi indole dengan aldehida.

2. Pengujian Methyl Red (MR)

Merupakan tes ditujukan guna mengidentifikasi kemampuan organisme untuk menghasilkan serta menjaga produk akhir asam dari fermentasi glukosa. Metil merah ialah indikator pH yang mempertahankan warna merah pada pH 4,4 ataupun lebih rendah. Hasil pengujian metil merah (MR) menunjukkan positif pada strain *Escherichia coli* jika larutan memiliki warna merah.

3. Pengujian Voges Proskauer (VP)

Tes ini dirancang guna mengidentifikasi asetonin dalam kultur bakteri cair. Prosedurnya yaitu konsentrasi 5% alpha-naphthol dan 16% KOH ditambahkan ke dalam medium Voges-Proskauer yang sudah terinokulasi bakteri. Terindikasi positif jika warnanya merah, sementara warna kuning ataupun tak berwarna mengindikasikan hasil negatif. Tes *Escherichia coli* negatif sebab bakteri ini mencerna karbohidrat menjadi produk asam tanpa memproduksi produk netral berupa asetonin.

4. Pengujian Simon Citrat

Apabila bakteri dapat memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbon, pH medium akan meningkat serta warna medium berubah menjadi biru. Pengujian sitrat menghasilkan bahwa *Escherichia coli* negatif, yaitu perubahan warna pada medium uji sitrat tak terjadi dan tetap hijau. *Escherichia coli* tak memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbon alami.

5. TSIA (Triple Sugar Iron Agar)

Tes TSIA menunjukkan bahwasanya *Escherichia coli* mampu memfermentasi laktosa, sukrosa serta glukosa. Namun tidak memproduksi hidrogen sulfida

(H₂S). Terlihat dari warna garis depan dan bawah yang berubah menjadi kuning dari merah, dan muncul gelembung pada media TSIA. (Rahayu & Gumilar, 2017)

Tabel 2.1. Uji IMVIC & TSIA pada bakteri *Escherichia coli*

Karakteristik Pengujian	Jenis Isolat
Indol	+
MR	+
VP	-
Sitrat	-
TSIA	A/A gas (+) H ₂ S(-)

Tabel 2.2. Uji IMVIC & TSIA pada bakteri *Enterobacter aerogenes*

Karakteristik Pengujian	Jenis Isolat
Indol	-
MR	-
VP	+
Sitrat	+
TSIA	A/A gas (+) H ₂ S(-)

Tabel 2.3. Uji IMVIC & TSIA pada bakteri *Intermedium*

Karakteristik Pengujian	Jenis Isolat
Indol	-
MR	+
VP	-
Sitrat	+
TSIA	A/A gas (+) H ₂ S(-)

Sumber: Tabel 3 Hasil Pengujian Bakteri *Escherichia coli* (Rahayu & Gumilar, 2017)