

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Air**

Semua bentuk kehidupan di Bumi bergantung pada air untuk kelangsungan hidupnya. Manusia rentan terhadap kekurangan cairan dan dampaknya yang negatif bagi kesehatan jika tidak mengonsumsi air yang cukup. Air tidak hanya diperlukan untuk kelangsungan hidup manusia, tetapi juga memiliki fungsi praktis lainnya di sekitar rumah, termasuk namun tidak terbatas pada minum, memasak, mencuci, dan mandi. Sumber air permukaan dan air tanah merupakan sumber air yang paling umum digunakan oleh manusia. Danau, sungai, sumur, dan semua badan air di Bumi dikategorikan sebagai air permukaan (Amri, 2021). Kehadiran mikroorganisme merupakan salah satu indikator kualitas air yang harus dipenuhi oleh pasokan air minum. Konsentrasi bakteri merupakan indikator yang baik untuk kualitas air (Khairunnida et al., 2020).

Air yang layak untuk dikonsumsi manusia dianggap sebagai air bersih. Untuk memastikan tidak ada dampak negatif saat dikonsumsi, air tersebut harus memenuhi standar kualitas tertentu yang mencakup karakteristik fisik, kimia, biologi, dan radiologi. Meningkatnya kontaminasi air, baik dari limbah manusia, limbah industri, atau mikroorganisme, merupakan hambatan terbesar dalam pengolahan air bersih. Kontaminasi mikrobiologis pada sumber air dan badan air sangat luas di Indonesia. Menurut (Azkhiyati et al. 2023), kontaminasi ini dapat terjadi karena pasokan air mentah terkontaminasi oleh jumlah mikroorganisme yang besar atau karena air yang telah diolah terkontaminasi saat didistribusikan kepada konsumen (Azkhiyati et al., 2023).

#### **2.2 Syarat Kualitas Air**

Definisi air bersih sebagaimana diatur dalam “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017” adalah air yang layak untuk digunakan keseharian, memenuhi persyaratan kesehatan, dan tetap aman untuk diminum setelah direbus. Untuk hidup panjang dan sehat, setiap orang memerlukan akses terhadap air bersih. Pasokan air bersih yang berkelanjutan dan terjangkau, oleh karena itu, sangat penting di daerah perkotaan maupun pedesaan. Jumlah dan kualitas adalah dua aspek yang harus dipertimbangkan dalam

memenuhi kebutuhan air bersih. Pemenuhan kebutuhan air bersih harus memenuhi 2 syarat yaitu kuantitas dan kualitas yaitu sebagai berikut:

a. Syarat Kuantitatif

Syarat kuantitatif adalah jumlah air yang dibutuhkan setiap hari tergantung kepada aktivitas dan tingkat kebutuhan. Secara kuantitas di Indonesia diperkirakan dibutuhkan air sebanyak 138,5 liter/orang/hari.

b. Syarat kualitatif

Syarat kualitas meliputi parameter fisik, kimia, radioaktivitas dan mikrobiologis yang memenuhi syarat kesehatan

- Parameter fisik

Air yang memenuhi persyaratan fisik yaitu air yang tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna, tidak keruh atau jernih, dan dengan suhu di bawah suhu udara, serta memiliki jumlah zat padat terlarut (TDS) yang rendah.

- Parameter Mikrobiologis

Sumber air yang ada di Alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan coliform merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen.

- Parameter Radioaktivitas

Air yang memiliki bentuk Radioaktivitas dalam bentuk apapun memiliki efek yang sama, yaitu menimbulkan kerusakan pada sel yang terpapar. Kerusakan tersebut dapat berupa kematian sel dan perubahan komposisi genetik.

- Parameter Kimia

Air yang baik dari segi parameter kimia adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat- zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain air raksa (Hg), Aluminium (Al), Arsen (As), Barium (Ba), kalsium (Ca), derajat keasaman (pH), Besi (Fe), Flourida (F) dan zat kimia lainnya.

### **2.3 Sumber Air**

Sumber air dapat dibagi menjadi tiga klasifikasi yaitu air angkasa, air permukaan dan air tanah:

#### **1. Air angkasa**

Air angkasa merupakan air yang berasal dari atmosfer atau udara dan jatuh ke permukaan bumi. Karakteristik daripada air angkasa pada umumnya memiliki kualitas yang cukup baik, namun air yang berasal dari angkasa biasanya dapat mengakibatkan kerusakan-kerusakan terhadap logam yaitu dengan timbulnya karat. Perlu diketahui bahwa kandungan air di lapisan atmosfer bumi hanya sekitar 0,001 persen dari total air yang terdapat di bumi. Berdasarkan bentuknya, air angkasa dapat dibedakan menjadi air hujan dan air salju.

#### **2. Air Permukaan**

Air permukaan adalah jenis air yang berasal dari air hujan yang mengalir di atas permukaan bumi karena tidak dapat meresap ke dalam tanah. Hal ini disebabkan oleh lapisan tanah yang kedap air, sehingga sebagian besar air akan menggenang dan mengalir menuju daerah yang lebih rendah. Air yang mengalir di permukaan seperti ini umumnya dikenal sebagai sungai. Air permukaan terbagi menjadi dua jenis, yaitu air sungai dan air telaga atau danau.

#### **3. Air Tanah**

Air tanah merupakan segala jenis air yang berada di bawah permukaan tanah. Air ini menyumbang sekitar 0,6 persen dari total volume air yang ada di bumi. Jumlah tersebut menjadikan air tanah lebih banyak dibandingkan gabungan air sungai, danau, maupun air yang terdapat di atmosfer. Air tanah dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Secara umum, masyarakat lebih sering memanfaatkan air tanah dangkal untuk kebutuhan sehari-hari dengan cara membuat sumur hingga kedalaman tertentu.

### **2.4 Bakteri *Coliform***

Bakteri *Coliform* adalah kelompok bakteri Gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora, bersifat fakultatif anaerob, dan mampu memfermentasi laktosa menghasilkan gas dan asam dalam waktu 24 hingga 48 jam pada suhu 35-37°C. Kelompok ini digunakan sebagai indikator mikrobiologis untuk menilai

kualitas air karena kemampuannya menunjukkan potensi pencemaran oleh limbah organik atau kotoran manusia dan hewan (Sari et al., 2022).

Kelompok bakteri coliform digunakan sebagai indikator utama untuk mengevaluasi kualitas mikrobiologi air, khususnya untuk mendeteksi kemungkinan adanya pencemaran dari kotoran atau bahan organik. Bakteri ini termasuk dalam keluarga *Enterobacteriaceae*, memiliki bentuk batang, bersifat Gram negatif, tidak membentuk spora, serta dapat memfermentasi laktosa menjadi gas dan asam dalam rentang waktu 24 hingga 48 jam pada suhu inkubasi 35–37°C (Alifia & Aji, 2020).

*Coliform* diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu:

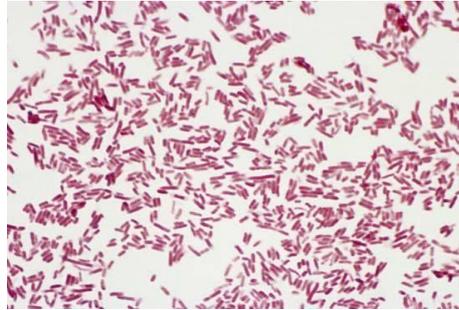
- *Coliform non fekal*, yakni seluruh jenis bakteri yang mampu memfermentasi laktosa dan menghasilkan gas pada media selektif seperti *Lactose Broth*.
- *Coliform fekal*, termasuk di dalamnya *Escherichia coli*, yang umumnya berasal dari sistem pencernaan manusia atau hewan berdarah panas, serta menjadi indikator utama adanya pencemaran fekal (Di et al., 2024).

Meskipun tidak semua *coliform* bersifat patogen, keberadaannya dalam air minum tetap menunjukkan kemungkinan adanya mikroorganisme berbahaya yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Untuk itu, menurut Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023, air minum yang layak konsumsi harus sepenuhnya bebas dari *coliform* maupun *Escherichia coli* dalam 100 ml sampel (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Metode yang umum digunakan untuk mendeteksi coliform adalah metode Most Probable Number (MPN), yang meliputi tiga tahap pengujian yaitu uji pendugaan (*presumptive test*), uji penegasan (*confirmed test*), dan uji pelengkap (*completed test*). Metode ini memungkinkan deteksi keberadaan *coliform* baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

## 2.5 Bakteri *Escherechia coli*

*Escherechia coli* atau yang umumnya disingkat *E. coli* merupakan salah satu jenis mikrobiologi yang dikenal memiliki habitat hidup pada saluran pencernaan makanan manusia dan hewan berdarah panas *Escherichia coli* merupakan jenis bakteri gram negatif yang jika terkandung dalam makanan dan minuman dapat menimbulkan dampak yang membahayakan bagi tubuh (Wardita et al., 2023).



**Gambar 2. 1** Pewarnaan Gram *E.coli*

Sumber: *Art.com*

*Escherichia coli* adalah bakteri *coliform* yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. Bakteri ini berbentuk batang dengan diameter sekitar 0,5  $\mu\text{m}$  dan panjang sekitar 2  $\mu\text{m}$ , serta memiliki volume sel antara 0,6 hingga 0,7  $\mu\text{m}^3$ . Struktur sel *Escherichia coli* terdiri atas membran sel yang mengelilingi sitoplasma, yang di dalamnya terdapat nukleoprotein. Membran sel ini dilapisi oleh dinding sel dan kapsul. Selain itu, *Escherichia coli* memiliki flagela dan pili yang memanjang dari permukaan sel (Hamida, 2019).

*Escherichia coli* memiliki beberapa antigen yang berperan dalam proses patogenesis, antara lain antigen somatik, flagela, kapsul, fibrin, enterotoksin, dan verotoksin. Sebagian besar strain *Escherichia coli* tidak berbahaya, tetapi beberapa jenis, seperti *Escherichia coli* O157:H7, dapat menyebabkan keracunan makanan yang parah pada manusia, salah satunya diare berdarah akibat eksotoksin yang disebut verotoksin. Toksin ini bekerja dengan menghilangkan satu basa adenin dari unit 28S RNA, sehingga menghambat sintesis protein (Nurseni et al., 2020).

## 2.6 Bakteri *Klebsiella*

*Klebsiella* merupakan kelompok bakteri berbentuk batang, bersifat Gram negatif, tidak menghasilkan spora, dan hidup secara fakultatif anaerob. Bakteri ini termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae* dan tergolong sebagai coliform non-fekal, karena habitatnya tidak terbatas pada saluran pencernaan, tetapi juga dapat ditemukan di lingkungan seperti air, tanah, dan fasilitas pelayanan kesehatan. Salah satu spesies yang paling sering ditemukan adalah *Klebsiella pneumoniae*, yang dikenal sebagai penyebab infeksi oportunistik pada manusia (Araújo et al., 2025).



**Gambar 2. 2** Pewarnaan Gram *Klebsiella*

Sumber: Irawan,2009

Dari segi struktur sel, *Klebsiella* dilengkapi dengan kapsul polisakarida yang tebal, yang berfungsi melindungi bakteri dari proses fagositosis dan pengaruh antibiotik. Saat ditumbuhkan di media agar dalam kondisi laboratorium, bakteri ini membentuk koloni dengan tampilan berlendir sebagai akibat produksi kapsul tersebut. Kemampuannya dalam memfermentasi laktosa membuat *Klebsiella* menghasilkan gas dan asam, sehingga dapat terdeteksi dalam uji coliform menggunakan media seperti *Lactose Broth* (LB) maupun *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB), walaupun tidak berasal dari kontaminasi tinja (Putri & Priyono, 2022).

## 2.7 Most Probable Number (MPN)

Metode Most Probable Number (MPN) merupakan salah satu pendekatan mikrobiologis berbasis statistik yang digunakan untuk mengestimasi jumlah bakteri dalam sampel cair, seperti air limbah dan air minum. Prinsip dasar dari metode ini adalah bahwa semakin banyak tabung kultur yang menunjukkan

pertumbuhan mikroorganisme, maka kemungkinan besar konsentrasi bakteri dalam sampel tersebut juga lebih tinggi (Wolde et al., 2020).

Metode ini banyak digunakan untuk mendeteksi bakteri indikator seperti *Coliform* dan *Escherichia coli* karena tingkat kepekaannya yang tinggi, prosedur yang cukup sederhana, serta tidak memerlukan instrumen laboratorium yang rumit. Tahapan dalam pengujian MPN terdiri atas tiga bagian utama:

1. Uji Pendugaan (Presumptive Test)

Pada tahap ini, sampel air diinokulasikan ke dalam media *Lactose Broth (LB)* yang dilengkapi tabung Durham. Media kemudian diinkubasi pada suhu 35-37°C selama 24 jam. Indikasi hasil positif ditandai dengan terbentuknya gas dan kekeruhan media, yang menunjukkan aktivitas fermentasi laktosa oleh bakteri.

2. Uji Penegasan (Confirmed Test)

Sampel dari tabung positif tahap sebelumnya dipindahkan ke media selektif *Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)* dan diinkubasi kembali selama 48 jam. Kehadiran gas dalam tabung Durham mengkonfirmasi bahwa sampel mengandung bakteri coliform.

3. Uji Pelengkap (Completed Test)

Kultur dari BGLB kemudian digoreskan pada media *Eosin Methylene Blue Agar (EMBA)* dan diinkubasi selama 24 jam. Koloni dengan kilau hijau metalik menunjukkan keberadaan *Escherichia coli*, sedangkan koloni berwarna ungu atau merah muda tanpa kilap menunjukkan adanya coliform non-fekal seperti *Klebsiella* atau *Enterobacter*.

Setelah seluruh tahap pengujian dilakukan, kombinasi tabung positif (misalnya pola 5-1-1) digunakan untuk menentukan nilai MPN dengan bantuan tabel standar. Nilai MPN memberikan gambaran perkiraan jumlah bakteri dalam 100 ml air sampel.

MPN menjadi metode yang penting dalam pemantauan mutu air karena dapat mengukur tingkat kontaminasi mikroba secara kuantitatif dan menjadi dasar evaluasi risiko kesehatan masyarakat akibat paparan air yang tercemar (Rahmawati et al., 2024).