

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H₂O yang sangat penting untuk keberlangsungan hidup makhluk hidup baik manusia, hewan, maupun tumbuhan sebagai sumber energi, sebagai media pengangkutan zat-zat makanan, ataupun keperluan yang lainnya. Sifat air yang *universal* atau menyeluruh dari setiap aspek kehidupan menjadikan sumber daya air berharga, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Sumber air dapat berasal dari sumber air tanah dan sungai, bahan baku air PAM biasanya berasal dari air sungai. Oleh sebab itu, sebagai sumber air, air sungai harus dipelihara dari segi kualitas maupun kuantitasnya (Ahmad, 2004).

Di alam, air merupakan sumber daya yang melimpah. Namun, air yang tersedia bagi kepentingan manusia hanya ada sebanyak 0,62% yang meliputi air di sungai, danau, maupun air tanah (Effendi, 2003). Menurut (Dewi, Wahab, & Citra, 2016) pada dasarnya sumber air yang biasanya dimanfaatkan dapat digolongkan sebagai berikut:

a. Air Hujan

Air hujan merupakan air yang turun dan melalui udara karena proses penyubliman dari awan ataupun uap. Di udara air hujan akan melewati benda-benda yang terlarut air diantaranya adalah gas O₂, N₂, CO₂, maupun debu dan zat-zat renik. Air hujan dalam keadaan murni sangat bersih. Namun, setelah mencapai permukaan bumi air hujan tidak lagi murni dikarenakan adanya zat-zat pengotor seperti debu dan lain sebagainya.

b. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada didalam lapisan bebatuan yang terus mengalami penambahan oleh alam. Sebagian air hujan juga akan terserap ke dalam tanah dan menjadi air tanah.

c. Air Permukaan

Air yang mengalir di permukaan bumi disebut dengan air permukaan. Golongan air permukaan antara lain adalah air sungai, rawa, parit, bendungan, danau, laut, dan lain sebagainya. Pencemaran pada air permukaan lebih berat dibandingkan dengan sumber air lainnya, terutama pada lingkungan yang dekat dengan pemukiman penduduk. Hal ini dikarenakan selama pengaliran, air permukaan akan mengalami pengotoran. Disamping itu, hampir semua limbah dan sisa kegiatan manusia dibuang ke dalam badan air permukaan.

Air permukaan merupakan sumber air yang mudah tercemar oleh kegiatan makhluk hidup. Tidak hanya disebabkan manusia, pengotor pada air permukaan juga dapat disebabkan oleh fauna dan flora seperti batang kayu, dedaunan, tinja, maupun hal yang lainnya.

Sebagai sumber air, air hujan, air tanah, maupun air permukaan, terutama yang dipergunakan untuk kepentingan makhluk hidup harus diolah dengan baik sebelum digunakan.

2.2 Kualitas Air

Sebagai sumber daya alam yang banyak diperlukan untuk kepentingan makhluk hidup, pemanfaatan air harus diperhatikan dengan baik. Kuantitas air bersih yang semakin lama semakin berkurang menjadi masalah utama bagi makhluk hidup. Banyak kegiatan makhluk hidup yang dapat menurunkan kualitas sumber daya air, seperti kegiatan industri, domestik, maupun kegiatan yang lainnya. Kegiatan-kegiatan tersebut dapat mengganggu, merusak, dan membahayakan makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air (Dewi, Wahab, & Citra, 2016).

Menurut (Kristanto, 2004) parameter kualitas air yang dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk kebutuhan makhluk hidup meliputi parameter fisika, kimia, dan biologi. Kondisi yang dapat dilihat pada parameter fisika kualitas air antara lain adalah kandungan padatan terlarut, suhu, rasa, warna, bau, dan sebagainya. Untuk parameter kimia meliputi kandungan logam, oksigen terlarut DO, pH, BOD, COD, dan lainnya. Sedangkan untuk parameter biologi yaitu kandungan mikroorganisme di dalam air (Sastrawijaya, 2000). Menurut (Supriyono, 2015) kontaminasi

perairan yang disebabkan buangan limbah rumah tangga, terutama yang mengandung tinja akan menyebabkan air memiliki kandungan organisme patogen yang membahayakan bagi kesehatan manusia apabila air tersebut digunakan untuk air minum, mencuci, maupun kegiatan makhluk hidup lainnya.

Sumber air yang dimanfaatkan sebagai air minum hendaknya diolah dengan baik, proses pengolahan sumber air yang kurang baik akan mengakibatkan air minum rentan terkontaminasi oleh berbagai mikroorganisme yang berasal dari limbah rumah tangga, maupun limbah industri, terutama bakteri coliform. Tingkat cemaran bakteri coliform yang tinggi, beresiko menghadirkan kontaminasi bakteri patogen lainnya yang biasa hidup dalam kotoran manusia dan hewan. (Bambang, Fatimawali, & Kojong, 2014). Bakteri patogen yang mungkin mencemari air salah satunya adalah bakteri *Eschericia coli*. Bakteri ini dapat menyebabkandiare, kram perut, demam, dan muntah-muntah (Entjang, 2003)

Pemanfaatan air sebagai sumber air minum harus memenuhi persyaratan. Seperti yang tertera pada Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, bahwa air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Untuk menjaga kualitas air minum juga perlu dilakukan pengawasan secara rutin.

2.3 Es Batu

Es batu merupakan produk pangan olahan yang sudah sejak lama dikenal dan dianggap aman untuk di konsumsi di kalangan masyarakat. Es batu terbuat dari air yang kemudian dibekukan hingga suhu mencapai 0°C sehingga air akan menjadi padatan dan berbentuk seperti kristal. Es batu juga dipergunakan untuk mempertahankan kesegaran produk pangan (Putri, 2015).

Dalam pembuatannya, es batu biasanya menggunakan air minum seperti air galon, air PDAM atau air sumur yang telah diolah dan

dipanaskan. Tujuan pengolahan air tersebut untuk mematikan bakteri yang mungkin terkandung didalam air. Apabila proses pengolahan air kurang baik, kontaminan bakteri didalam air akan tetap ada sehingga menyebabkan gangguan kesehatan bagi yang mengkonsumsinya (Hermawan, n.d.) Terkadang, beberapa oknum pedagang membuat es batu menggunakan air mentah atau air yang tidak diolah terlebih dahulu sehingga kemungkinan kontaminasi bakteri pada es batu tersebut cukup besar. Kontaminasi bakteri tersebut akan membahayakan masyarakat yang mengkonsumsinya. Kontaminasi bakteri patogen pada es batu dapat disebabkan oleh pembungkus es batu yang digunakan, bisa juga dikarenakan proses pendistribusian es batu yang kurang baik. Selain itu, penggunaan air sebagai bahan baku es batu juga memegang peranan penting kontaminasi bakteri patogen pada es batu. Apabila bahan baku tidak higienis ataupun pengolahannya kurang baik dapat mengakibatkan air mengandung kontaminan bakteri, dan jika dikonsumsi akan menimbulkan penyakit pada manusia (Putri, 2015). Salah satu bakteri indikator pencemaran air adalah bakteri *Escherichia coli*, bakteri ini tidak dapat dimatikan dengan proses pendinginan maupun pembekuan.

Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 13 Tahun 2019, batas maksimum cemaran mikroba jenis *coliform* kategori pangan es untuk dimakan (*edible ice*), termasuk sherbet dan sorbet yaitu 1,8 APM/100ml. Dan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 total bakteri *coliform* pada air minum adalah 0/100ml sampel.

2.4 Coliform

Bakteri *coliform* merupakan bakteri yang dijadikan indikator dalam pencemaran air, makanan dan sebagainya. Bakteri ini merupakan bakteri yang berbahaya bagi kesehatan. Bakteri *coliform* adalah bakteri gram-negatif yang berbentuk batang, tidak membentuk spora, dan dapat memfermentasi kaldu laktosa pada suhu 37°C dalam waktu 48 jam dengan membentuk gas (Hasruddin, 2014). Menurut (Irianto, 2013) bakteri coliform dibedakan menjadi 2 grup, yaitu:

- 1) *Coliform* fekal, misalnya *Escherichia coli* yaitu merupakan bakteri yang berasal dari kotoran manusia maupun hewan
- 2) *Coliform* non fekal, misalnya *Enterobacter aerogenes* yaitu bakteri yang biasa ditemukan pada hewan atau tanaman yang telah mati.

Bakteri *coliform* disebut juga dengan *Enterobacteriaceae* yang merupakan bakteri batang gram-negatif enterik dan heterogen. Habitat alami bakteri ini ada pada saluran pencernaan manusia dan hewan. Dalam familinya memiliki banyak genus seperti *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Enterobacter*, dan lain-lain. Beberapa diantara bakterinya dapat menyebabkan penyakit, seperti *Escherichia coli*. Selain itu, *Salmonella*, dan *Shigella* juga bersifat patogen yang dapat menimbulkan penyakit (Wati, n.d.)

2.5 *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah salah satu bakteri *coliform* yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae* yang merupakan bakteri enterik atau dapat bertahan dalam saluran pencernaan. *E. coli* merupakan bakteri gram-negatif yang berbentuk batang, dengan ukuran antara 1.0-1.5 μm x 2.0-6.0 μm , tidak motil atau motil dengan flagela, dapat tumbuh dengan atau tidak dengan oksigen, bersifat fluktuatif anaerobik dan dapat tahan pada media dengan nutrisi sedikit (Rahayu, Nurjanah, & Komalasari, 2018).

Menurut (Jawetz, Melnick, & Adelberg, 2013) klasifikasi bakteri *E. coli* adalah:

Kingdom : *Bacteria*
Fillum : *Proteobacteria*
Kelas : *Gammaproteobacteria*
Famili : *Enterobacteriaceae*
Genus : *Escherichia*
Spesies : *Escherichia coli*

Umumnya bakteri *E. coli* hidup dalam saluran pencernaan baik manusia maupun hewan. Bakteri ini dapat hidup pada kondisi lingkungan yang sulit. *E. coli* dapat bertahan pada tubuh manusia meskipun dengan

tingkat keasaman yang tinggi, bakteri ini juga mampu bertahan diluar tubuh manusia baik pada air tawar, air tanah, maupun air laut. Penyebaran bakteri *E. coli* diluar tubuh manusia yaitu melalui feses. Bakteri *E. coli* biasanya dijadikan sebagai bakteri indikator sanitasi dan higiene. Tingkat sanitasi yang rendah menyebabkan adanya kontaminan pada produk pangan. Bakteri ini juga menjadi indikator kualitas air minum, hal ini dikarenakan keberadaan bakteri tersebut mengindikasikan bahwa air telah tercemar oleh feses, sehingga memungkinkan adanya mikroorganisme enterik patogen lainnya (Rahayu, Nurjanah, & Komalasari, 2018).

Keracunan pangan yang terjadi di Indonesia maupun internasional seringkali dikaitkan dengan konsumsi olahan pangan yang terkontaminasi oleh mikroba patogen. Bakteri *E. coli* patogen adalah salah satu bakteri yang dapat menyebabkan keracunan dengan gejala diare. Keracunan pangan dapat dikarenakan bahan baku pangan terkontaminasi sejak awal dan tidak hilang saat proses pengolahan. Selain itu, dapat juga terkontaminasi silang pasca pengolahan seperti apabila penanganannya salah saat distribusi, maupun penyimpanan yang kurang baik. Keracunan pangan yang mengandung bakteri *E. coli* membahayakan bagi manusia dan dapat menyebabkan penyakit atau bahkan kematian (Rahayu, Nurjanah, & Komalasari, 2018)

Menurut WHO, 2006 Air juga seringkali menjadi salah satu penyebab kontaminasi *E. coli* patogen, secara umum kurang lebih sepertiga penduduk di dunia menderita berbagai penyakit akibat air minum yang terkontaminasi mikroba patogen. Proses pembekuan saat pengolahan air menjadi es batu tidak sepenuhnya membunuh mikroba pada air. Beberapa bakteri dapat bertahan hidup pada suhu yang sangat dingin.

2.6 Most Probable Number (MPN)

Metode MPN (*Most Probable Number*) merupakan metode untuk mengetahui jumlah *coliform* di dalam air menggunakan pengujian fermentasi dalam tabung. MPN atau dalam bahasa Indonesia APM (angka paling mungkin) di artikan sebagai jumlah perkiraan terdekat. Nilai MPN merupakan perkiraan jumlah unit tumbuh (*growth unit*) atau unit

pembentuk koloni (*colony forming unit*) dalam sampel. Dalam metode MPN biasanya menggunakan satuan per 100 ml atau gram. Semakin kecil nilai MPN yang didapatkan, maka kualitas air semakin baik dan semakin layak untuk dikonsumsi (Wati, n.d.)

Dalam metode MPN terdapat tiga pengujian yang dilakukan secara berurutan, yaitu uji penduga (*presumptive test*), uji konfirmasi (*confirmed test*) dan uji kelengkapan (*completed test*).

1. Uji Penduga (*presumptive test*)

Uji penduga dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya bakteri *coliform*. Uji ini menggunakan media Lactosa Broth dan pada tabung dilengkapi dengan tabung durham terbalik untuk mengumpulkan gas. Sampel air kemudian diinokulasi dan diinkubasi dalam waktu 24-48 jam. Setelah diinkubasi, diamati timbulnya gelembung gas pada tabung durham, dan asam (kekeruhan media). Apabila terdapat gas ataupun kekeruhan pada media, maka sampel air mengandung bakteri *coliform*. Jika tidak, sampel tidak perlu diperiksa lebih lanjut (Wati, 2017)

2. Uji Penegasan (*confirmed test*)

Uji penegasan dilakukan sebagai penguat dari uji penduga. Dalam uji ini menggunakan media Brilliant Green Lactosa Broth (BGLB) yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram positif dan mendukung pertumbuhan bakteri *coliform*. Uji ini dilakukan dengan mengambil kultur pada tabung LB yang positif menggunakan ose cincin steril dan diinokulasikan pada media BGLB. Kemudian diinkubasi selama 24-48 jam dalam suhu 37°C. Setelah proses inkubasi selesai, diamati pembentukan gas pada tabung durham. Uji positif pada uji penegasan disesuaikan dengan tabel MPN untuk menentukan jumlah *coliform* pada sampel (Wati, 2017).

3. Uji kelengkapan (*completed test*)

Uji pelengkap dilakukan untuk melengkapi hasil uji penegasan. Uji ini dilakukan dengan menginokulasikan satu ose suspensi yang positif pada media BGLB pada media EMB agar dengan cara goresan

kuadran. Selanjutnya diinkubasi dalam waktu 24-48 jam pada suhu 37°C, dan diamati pertumbuhan koloni. Warna hijau metalik menunjukkan koloni *coliform* fekal dan warna merah muda menunjukkan koloni *coliform* non fekal (Wati, 2017).

Metode MPN lebih cocok untuk sampel dengan jumlah sedikit, atau sampel dengan konsentrasi <100/ml atau gram. Ada beberapa jenis ragam seri tabung yang biasa digunakan. Semakin banyak seri tabung, semakin tinggi tingkat akurasi tetapi juga akan mempertinggi biaya analisisnya. Menurut (Kuswiyanto, 2015) ada 3 ragam yang biasanya dipakai pada pemeriksaan MPN:

1) Ragam 5 1 1

- a. 5 tabung berisi LB double x 10 ml
- b. 1 tabung berisi LB single x 1 ml
- c. 1 tabung berisi LB single x 0,1 ml

2) Ragam 5 5 5

- a. 5 tabung berisi LB double x 10 ml
- b. 5 tabung berisi LB single x 1 ml
- c. 5 tabung berisi LB single x 0,1 ml

3) Ragam 3 3 3

- a. 3 tabung berisi LB double x 10 ml
- b. 3 tabung berisi LB single x 1 ml
- c. 3 tabung berisi LB single x 0,1 ml