

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan tentang Air

2.1.1 Pengertian

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini. Zat yang paling penting dalam kehidupan setelah udara. Sekitar tiga per empat bagian dari tubuh manusia terdiri dari air dan tidak seorangpun dapat bertahan hidup lebih dari 4-5 hari tanpa air. Selain itu, air juga dipergunakan untuk memasak, mencuci, mandi dan membersihkan kotoran. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi kehidupan adalah sebagai air minum (Chandra, 2007).

Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia tahun 2010 air minum adalah air yang melalui pengolahan maupun tanpa proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Penyelenggara air minum adalah badan usaha milik negara/badan usaha milik daerah, koperasi, badan usaha swasta, usaha perorangan, kelompok masyarakat dan / atau individual yang melakukan penyelenggaraan penyediaan air minum (Depkes, 2010).

Penyakit-penyakit yang menyerang manusia dapat juga ditularkan dan disebarkan melalui air. Kondisi tersebut tentunya dapat menimbulkan wabah penyakit dimana-mana. Maka dari itu dibutuhkan syarat-syarat kualitas yang harus dipenuhi agar aman dikonsumsi (Chandra, 2007)

2.1.2 Sumber-Sumber Air

Jumlah air di dunia ini relatif tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Penyinaran matahari menyebabkan air di permukaan bumi menguap dan membentuk uap air. Karena adanya angin, maka uap air akan bersatu dan berada dalam tempat yang tinggi yang kita kenal dengan awan. Angin akan membawa awan ke tempat yang makin tinggi, dimana pada tempat yang semakin tinggi suhu semakin rendah. Apabila awan telah jenuh terbentuklah titik-titik air dan jatuh ke bumi sebagai hujan.

Air hujan turun ke bumi sebagian mengalir ke dalam tanah, jika menjumpai lapisan yang rapat air, maka menyebabkan peresapan menjadi berkurang, dan sebagian air akan mengalir di atas lapisan rapat air, jika air keluar pada permukaan bumi, maka air yang demikian dinamakan mata air. Air permukaan yang mengalir di atas permukaan bumi, umumnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui suatu tempat yang rendah (cekung) maka air akan berkumpul membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi banyak diantara air yang mengalir ke laut kembali dan kemudian akan mengikuti siklus hidrologi. (Waluyo, 2005).



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (Sumber: www.ilmusipil.com, 2009)

Sumber-Sumber air yang ada di bumi, dapat berasal dari:

1. Air Permukaan

Air permukaan yang mengalir di permukaan bumi akan membentuk air permukaan. Air ini umumnya mendapat pengotoran selama pengalirannya. Pengotoran tersebut misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri, dan lain sebagainya. Dengan adanya pengotoran ini menyebabkan kualitas air permukaan menjadi berbeda-beda. Pengotoran ini dapat secara fisik, kimia dan bakteriologi (biologi). Contoh air permukaan ialah air sungai, air rawa, air danau, dll.

2. Air Tanah

Air tanah secara umum terbagi menjadi:

A. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi akibat proses penyerapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian juga dengan sebagai bakteri, sehingga air tanah dangkal terlihat jernih tetapi banyak mengandung zat-zat kimia (garam-garam terlarut). Karena melalui lapisan tanah yang memiliki unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapis tanah. Air tanah dangkal memiliki kedalaman sampai 15 meter.

B. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat pada lapis rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam lebih sulit daripada air tanah dangkal. Suatu lapis rapat air biasanya didapatkan pada kedalaman 100-300 meter. Bila tekanan air dalam besar, maka air dapat keluar dan dalam keadaan ini dinamakan air artesis. Pada umumnya kualitas air tanah dalam lebih baik daripada air tanah dangkal, karena terjadi penyaringan

yang lebih sempurna terutama untuk bakteri. Susunan unsur-unsur kimia tergantung pada lapis-lapis tanah yang dilalui. Bila melalui tanah berkapur, maka air itu menjadi air yang bersifat sadah.

C. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari air tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan memiliki kualitas yang sama dengan air tanah dalam. Berdasarkan munculnya ke permukaan tanah dibagi menjadi: 1) Rembesan, dimana air keluar dari lereng-lereng, 2) Umbul, dimana air ke luar ke permukaan pada suatu daratan.

3. Air hujan/air meteorologik/air atmosfer

Air hujan dalam keadaan murni dan sangat bersih, tetapi sering terjadi pengotoran karena industri, debu dan lain sebagainya. Menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan turun pertama, karena masih banyak mengandung kotoran. Air hujan memiliki sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak reservoir, sehingga hal ini mempercepat terjadinya karatan (korosi). Air hujan juga memiliki sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

4. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung berbagai garam, misalnya NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut lebih kurang 3%. Oleh karena itu air laut tanpa diolah terlebih dahulu tidak memenuhi syarat untuk air minum (Waluyo, 2005).

2.1.3 Manfaat Air Minum bagi Tubuh

Kebutuhan tubuh akan cairan memang tidak bisa dibantah Secara umum cairan penting dalam memelihara keseimbangan tubuh serta proses metabolisme tubuh. Bila asupan cairan ke dalam tubuh tidak seimbang dengan pengeluaran, maka dipastikan akan mengalami gangguan ataupun dehidrasi. Sangatlah manfaat manusia bila mengkonsumsi air, secara khusus air bagi tubuh mempunyai berbagai manfaat, yakni:

- a) Menjaga agar darah dan getah bening dalam tubuh mempunyai volume dan kekentalan yang cukup
- b) Menjaga kelembaban organ di dalam tubuh agar tetap sejuk
- c) Menjaga suhu tubuh
- d) Membantu proses detoksifikasi racun dalam tubuh
- e) Membantu tubuh bebas bergerak
- f) Membantu memperlambat tumbuhnya zat-zat penyebab kanker, mencegah penyakit batu ginjal dan hati
- g) Menghindari rasa sembelit
- h) Perawatan kecantikan

(Hamidin, 2010)

2.1.4 Klasifikasi Air

Berdasarkan tujuan penggunaan air. SK Menteri KLH No.02/MenKLH/1/1988, air digolongkan sebagai berikut :

1. Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan.
2. Golongan B : Air baku untuk air minum dan kebutuhan rumah tangga.

3. Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan, tidak dapat digunakan untuk A dan B.
4. Golongan D : Air yang baik untuk keperluan industri dan dapat digunakan usaha perkotaan, listrik, tenaga air, tidak untuk A, B, dan C.
5. Golongan E : Air yang tidak sesuai untuk keperluan A, B, C, dan D.

Air secara bakteriologis dapat dibagi lagi menjadi beberapa golongan berdasarkan jumlah bakteri *coliform* yang terkandung per 100 cc sampel air.

Golongan-golongan air tersebut, antara lain:

1. Air tanpa pengotoran: mata air (artesis) bebas dari kontaminasi bakteri *Coliform* dan patogen atau zat kimia beracun
2. Air yang sudah mengalami proses desinfeksi: MPN <50/100 cc
3. Air dengan penjernihan lengkap: MPN <5000/100 cc
4. Air dengan penjernihan tidak lengkap: MPN >5000/100 cc
5. Air dengan penjernihan khusus (water purification): >250.000/100 cc.

MPN di sini mewakili *Most Probable Number* (jumlah terkaan terdekat dari bakteri *coliform* dalam 100 cc air) (Chandra, 2007).

2.1.5 Syarat Kualitas Air Minum

Agar air minum tidak menyebabkan gangguan kesehatan ialah air minum tersebut haruslah memenuhi persyaratan-persyaratan kesehatan yang berlaku sebelum dikonsumsi. Persyaratan air minum aman bagi kesehatan mengutip Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010, berikut ini parameter wajib yang harus dipenuhi pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 PERMENKES nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang
Parameter Wajib Air Minum

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1.	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	A. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	B. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2.	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	A. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	Suhu udara ± 3
	B. Parameter Kimia		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Ammonia	mg/l	1,5

2.2 Tinjauan tentang Masjid Sunan Ampel dan Air Minum Gentong

2.2.1 Sejarah

Sunan Ampel atau Raden Ahmad Ali Rahmatullah adalah cucu Raja Cempa. Ayahnya bernama Ibrahim Asmarakandi yang kawin dengan putri Raja Cempa yang bernama Dewi Candrawulan. Adik dari putri Dewi Candrawulan bernama Dewi Anarawati atau Dwarawati diperistri oleh Raja Brawijaya dari Kerajaan Majapahit. Perkawinan antara Raja Majapahit dan putri Dwarawati ini atas skenario para wali, tujuannya agar raja Majapahit itu mau masuk Islam atau setidaknya memberikan kelonggaran agar Islam berkembang dan tersiar di Majapahit.

Setelah Kakek Bantal atau Syeh Maulana Malik Ibrahim meninggal dunia pada tahun 1419, para wali berfikir untuk mencari penggantinya. Atas usul Syeh Maulana Ishak maka didatangkanlah Raden Rahmat dari Cempa ke Pulau Jawa. Mula-mula Raden Rahmat langsung menuju Istana Majapahit karena Ratu Dwarawati adalah bibinya sendiri, Raden Rahmat selama tinggal di Majapahit mencoba mengajak Prabu Brawijaya masuk Islam. Tetapi Raja Majapahit itu tidak bersedia, sang Prabu berniat menjadi raja Budha yang terakhir di Majapahit. Meski demikian Prabu Brawijaya tidak menghalang-halangi rakyat dan keluarga kerajaan masuk agama Islam. Sang Prabu malah menghadiahkan sebuah tempat yang terletak di desa Ampel Denta daerah Surabaya kepada Raden Rahmat sebagai pusat pendidikan agama Islam.

Prabu Brawijaya sendiri merasa senang kepada Raden Rahmat karena tutur bahasa dan sifatnya yang lemah lembut. Raden Rahmat kemudian disuruh memilih sekian banyak putri Majapahit untuk dijadikan istrinya. Akhirnya Raden

Rahmat memilih Dewi Condrowati sebagai istrinya, dengan demikian Raden Rahmat itu adalah menantu Raja Majapahit dan termasuk salah seorang pangeran Majapahit, itu sebabnya beliau disebut Raden.

Sunan Ampel mempunyai dua orang istri, yaitu Dewi Condrowati dan Nyai Karimah.

Dengan Dewi Condrowati beliau mempunyai keturunan sebagai berikut :

1. Siti Syariah (menjadi istri Sunan Kudus).
2. Siti Mutmainnah (menjadi istri Sunan Gunung Jati).
3. Siti Khafshah (menjadi istri Sunan Kalijaga).
4. Raden Makdum Ibrahim (Sunan Bonang).
5. Raden Qosim (Sunan Drajad).

Dengan istri kedua yaitu Nyai Karimah dikaruniai dua orang putri yaitu:

1. Dewi Murthosiah (menjadi istri Sunan Giri).
2. Dewi Murthosimah (menjadi istri Raden Fatah).

Di Ampel Denta beliau membuka pesantren, banyak putra Adipati dan bangsawan Majapahit yang belajar kepada beliau. Diantara murid-murid Sunan Ampel yang terkenal ialah : Raden Patah, Raden Bathara Katong (adipati Ponorogo yang pertama), Sunan Giri, Sunan Bonang, Sunan Drajad, Sunan Kalijaga, Mbah Soleh, Mbah Sonhaji dan lain-lainnya. Semua murid-murid Sunan Ampel mempunyai karomah dan banyak yang menjadi wali (Wahyudi & Khalid M., 2000).

Beliau juga membangun sebuah masjid yang bernama Masjid Sunan Ampel yang dibangun pada tahun 1450 M. Jadi kini umurnya sudah lebih dari lima abad. Bangunan masjidnya telah mengalami beberapa kali perluasan (Wiryoprawiro, 1986).



Gambar 2.2 Masjid Sunan Ampel Surabaya (Sumber: www.garissinggung.blogspot.com, 2013)

Sunan Ampel wafat pada tahun 1478 dimakamkan di sebelah barat Masjid Sunan Ampel. Hampir tiap hari makam beliau banyak diziarahi orang, bahkan pada malam hari masih banyak juga orang yang berziarah ke makam beliau terutama pada malam Jum'at Legi.

Ada satu keanehan di sana, kalau menimba air sumur di daerah Surabaya kebanyakan air itu rasanya asin dan anyir. Tapi tidak dengan halnya dengan air sumur yang ada di Masjid Sunan Ampel dan sekitar daerah masjid itu. Air tersebut rasanya segar dan konon bila diminum dapat menyembuhkan berbagai penyakit (Wahyudi & Khalid M.A., 2000).

2.2.2 Air Minum Gentong Sunan Ampel

Air minum gentong ialah air minum yang telah diproses maupun belum diproses yang ditempatkan di tempat di penampung berbentuk tambun/lebar yang terbuat dari tanah liat maupun cetakan semen. Keterangan dari petugas resmi yang bekerja di makam Sunan Ampel ,yakni keuntungan minum berasal dari gentong ini adalah air terasa segar bila dikonsumsi.

Sumber air gentong khusus air minum ini adalah berasal dari sebuah air sumur yang terletak dekat 11 gentong air tersebut yang dipompa dengan pompa listrik dan dialirkan melalui pipa ke tiap gentong-gentong air tersebut lalu dikonsumsi untuk minum bagi para peziarah. Jadi sumber air tersebut bukanlah berasal dari sumur di dalam masjid Sunan Ampel Surabaya, melainkan berasal dari luar masjid Sunan Ampel Surabaya tepatnya di dekat 11 gentong air tersebut.



Gambar 2.3 Air Minum Gentong di makam Sunan Ampel Surabaya (Sumber: Pribadi)

2.3 Tinjauan tentang *Coliform*

2.3.1 Pengertian *Coliform*

Coliform ialah golongan bakteri yang berbentuk batang gram negatif, bersifat fakultatif anaerob, tidak berspora, dapat meragikan laktosa dengan membentuk asam dan gas dalam waktu 48 jam pada temperatur 35 °C; dikarenakan golongan bakteri ini sering ditemukan di saluran intestinal, maka dari itu digunakan sebagai indikator pencemaran tinja (Nester, 2007).

Coliform merupakan suatu grup bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi sanitasi yang tidak baik terhadap air, makanan, susu dan produk susu. Adanya bakteri *coliform* di dalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroorganisme yang bersifat enteropatogenik / toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan.

Bakteri *coliform* dapat dibedakan atas dua grup yaitu:

1. *Coliform* fekal, misalnya *Escherichia coli*
2. *Coliform* non-fekal, misalnya *Enterobacter aerogenes*

E. coli merupakan bakteri yang berasal dari tinja hewan berdarah panas maupun manusia, sedangkan *E. aerogenes* biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman yang telah mati (Fardiaz, 1993). Kembali istilah *Coliform*, dimana *Coli* ialah mengambil dari kata *Escherichia coli* dan *-form* artinya bentuk, dari kata *Coliform* inilah dapat disimpulkan ialah suatu golongan bakteri-bakteri yang mempunyai sifat dan bentuk sama seperti *Escherichia coli* (Anonim, 2013).

Dalam klasifikasi besar, nama *Coliform* termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. Grup ini juga disebut bakteri enterik atau bakteri enterik gram-negatif. Berikut ini adalah Taksonomi famili *Enterobacteriaceae* dimulai dari atas/dunia makro:

Domain : *Bacteria*

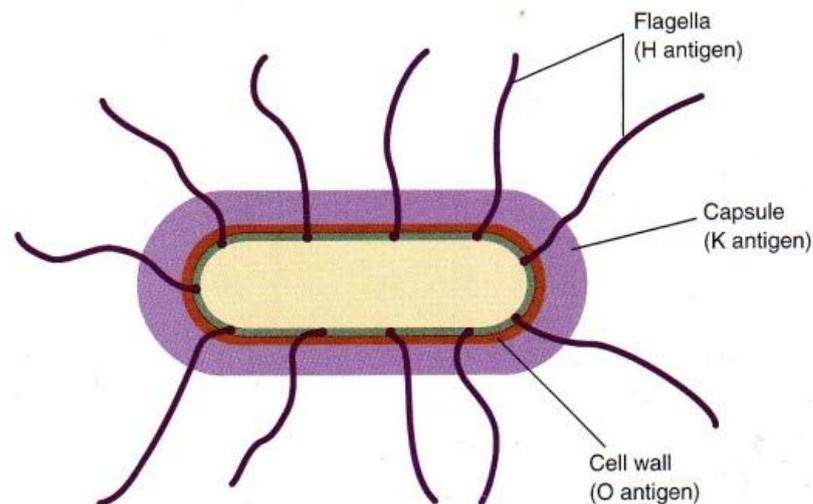
Phylum : *Proteobacteria*

Class : *Gammaproteobacteria*

Order : *Enterobacteriales*

Family : *Enterobacteriaceae* (Nester, 2007)

Lebih dari 20 genus dan 100 spesies telah didefinisikan. Anggota genus dari famili *Enterobacteriaceae* yang telah sebagian besar diketahui antara lain: *Citrobacter freundii*, Spesies *Citrobacter*, *Edwardsiella Tarda*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Morganella morganii*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris*, *Providencia rettgeri*, *Providencia stuartii*, *Salmonella choleraesuis*, *Salmonella paratyphi A*, *Salmonella paratyphi B*, *Salmonella typhi*, *Serratia sp*, *Shigella boydii*, *Shigella dysenteriae*, *Shigella sonnei*, *Yersinia pestis*, *Yersinia Enterocolitica* (Jawetz, 1996).



Gambar 2.4 Struktur tubuh anggota *Enterobacteriaceae* (Sumber: Nester, 2007)

Tidak semua spesies bakteri di famili *Enterobacteriaceae* ialah *Coliform*. Jadi *Coliform* adalah sebagian spesies bakteri di famili *Enterobacteriaceae* yang meragi laktosa. Kecepatan meragi laktosa dibagi 2, yakni cepat dan lambat.

Diantara spesies bakteri *Coliform* yang cepat meragi laktosa ialah:

1. *Escherichia coli*
2. *Enterobacter aerogenes*
3. *Klebsiella sp.*

4. *Shigella Sonnei*.

Diantara spesies bakteri *Coliform* yang lambat meragi laktosa ialah:

1. *Citrobacter sp.*

2. *Providencia sp.*

3. *Serratia sp.*

(Jawetz, 1996).

2.3.2 Patogenesis bakteri *Coliform*

E. coli adalah anggota flora normal usus. Bakteri enterik lain (spesies *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Providencia*, *Citrobacter* dan *Serratia*) juga ditemukan sebagai anggota flora normal usus tetapi masih lebih jarang dibandingkan *E. coli*. Bakteri enterik kadang-kadang ditemukan dalam jumlah kecil sebagai bagian dari flora normal saluran pernapasan bagian atas dan saluran genital.

Bakteri enterik pada umumnya tidak menyebabkan penyakit, dan dalam usus mungkin berperan terhadap fungsi dan nutrisi normal. Ketika terjadi infeksi yang penting secara klinik, biasanya disebabkan oleh *E. coli*, tetapi bakteri enterik lain adalah penyebab infeksi yang didapat di rumah sakit dan kadang-kadang menyebabkan infeksi yang didapat dari komunitas. Bakteri menjadi bersifat patogen hanya bila bakteri ini berada di luar usus, yaitu lokasi normal tempatnya berada atau di lokasi lain dimana flora normal jarang terdapat. Tempat yang paling sering terkena infeksi yang penting secara klinik adalah saluran kemih, saluran empedu dan tempat-tempat lain di rongga perut. Beberapa bakteri enterik (misalnya *Serratia marcescens* dan *Enterobacter aerogenes*) merupakan bakteri patogen yang oportunistik. Ketika sistem pertahanan inang tidak adekuat-khususnya pada bayi atau lanjut usia, pada stadium akhir dapat menimbulkan infeksi lokal

yang penting secara klinik, dan bakteri dapat mencapai aliran darah lalu menimbulkan sepsis (Jawetz 1996). Di bawah ini adalah penjelasan secara garis besar anggota bakteri grup *Coliform* menurut patogenesisnya tiap spesies:

2.3.2.1 *Escherichia coli*

Beberapa galur *Escherichia coli* menjadi penyebab infeksi pada manusia, seperti. infeksi saluran kemih, infeksi meningitis pada neonatus, dan infeksi intestin (gastroenteritis). Ketiga penyakit infeksi tersebut sangat bergantung pada ekspresi faktor virulensi masing-masing serotipe *Escherichia coli*.

Infeksi *Escherichia coli* sering kali berupa diare yang disertai darah, kejang perut, demam, dan terkadang dapat menyebabkan gangguan pada ginjal. Infeksi *Escherichia coli* pada beberapa penderita, anak-anak di bawah 5 tahun, dan orang tua dapat menimbulkan komplikasi yang disebut dengan sindrom uremik hemolitik. Sekitar 2-7% infeksi *Escherichia coli* menimbulkan komplikasi.

Sebagian besar penyakit yang disebabkan oleh infeksi *Escherichia coli* melalui makanan yang tidak dimasak dan daging yang terkontaminasi. Penularan penyakit dapat terjadi melalui kontak langsung dan biasanya terjadi di tempat memiliki sanitasi dan lingkungan yang kurang bersih. Berdasarkan sifat virulensi, *Escherichia coli* dikelompokkan menjadi *E. coli* yang menyebabkan infeksi intestin dan *E. coli* yang menyebabkan infeksi ekstraintestin.

A. *Escherichia coli* yang menyebabkan infeksi intestin:

1. *Escherichia coli* enteropatogenik (EPEC)

Jenis ini merupakan penyebab utama diare pada bayi. EPEC memiliki fimbria, toksin yang tahan terhadap panas (ST), dan toksin Yang tidak tahan panas (LT), serta menggunakan *adhesin*, yang dikenal dengan intimin, untuk melekat pada sel mukosa usus. Infeksi EPEC mengakibatkan diare berair yang biasanya dapat sembuh sendiri, tetapi ada juga yang menjadi kronis. Lama diare yang disebabkan oleh EPEC dapat diperpendek dengan pemberian antibiotik.

2. *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC)

ETEC merupakan bakteri penyebab diare pada anak dan wisatawan yang bepergian ke daerah yang bersanitasi buruk. Oleh karena itu, diare yang disebabkan oleh jenis bakteri ini sering dinamakan diare wisatawan.

ETEC memproduksi toksin yang tahan terhadap panas (ST). Toksin ini tahan dalam air mendidih selama 30 menit. Enterotoksin yang stabil terhadap pemanasan ini merupakan peptida yang memiliki bobot molekul sekitar 4000 dalton. Karena ukurannya yang kecil inilah, toksin ST diperkirakan sulit diinaktifkan oleh pemanasan. Toksin ini dapat menyebabkan konsentrasi guanosin monofosfat siklik dalam sitoplasma hospes meningkat sehingga meningkatkan konsentrasadenosin monofosfat setempat (cAMP). Hal ini menimbulkan hipersekresi air dan klorida secara terus-menerus dan lama dan disertai penghambatan resorpsi natrium. Lumen usus teregang oleh cairan dan mengakibatkan hipermotilitas dan diare.

3. *Escherichia coli* enteroinvasif (EIEC)

Mekanisme patogenik EIEC mirip dengan patogenesis infeksi yang disebabkan oleh *Shigella sp.* EIEC masuk dan berkembang dalam sel epitel sel-sel mukosa kolon sehingga menyebabkan kerusakan pada sel kolon. Gejala klinis yang ditimbulkan oleh infeksi EIEC mirip dengan gejala diare yang disebabkan oleh *Shigella*. Gejala diare biasanya disertai demam.

4. *Escherichia coli* enterohemorragic (EHEC)

Jenis bakteri ini menghasilkan suatu toksin yang dikenal dengan verotoksin. Namun verotoksin sesuai dengan efek sitotoksik toksin ini pada sel *vero*, yaitu sel ginjal yang diperoleh dari ginjal monyet Afrika (*African green monkey*). EHEC dapat menyebabkan kolitis berdarah (yakni diare berat yang disertai pendarahan) dan sindrom uremik hemolitik (yakni gagal ginjal akut yang disertai anemia hemolitik mikroangiopatik dan trombositopenia). Banyak kasus kolitis berdarah dan komplikasinya dapat dicegah dengan memasak daging sampai matang sebelum dikonsumsi.

5. *Escherichia coli* enteroagregatif (EAEC)

Bakteri ini menimbulkan diare akut dan kronis dan merupakan penyebab utama diare pada masyarakat di negara berkembang. EAEC melekat pada sel manusia dengan pola khas dan menyebabkan diare yang tidak berdarah, tidak menginvasi dan tidak menyebabkan inflamasi pada mukosa intestin. EAEC diperkirakan memproduksi EAST (*entero aggregative ST toxin*), yang merupakan suatu enterotoksin yang tidak tahan panas.

EAEC juga memproduksi hemolisin yang diperkirakan mirip dengan hemolisin yang diproduksi oleh galur *E. coli* yang dapat menyebabkan infeksi

saluran kemih. Peranan toksin dan hemolisin dalam virulensi EAEC belum diketahui dengan jelas. Peranan galur EAEC sebagai penyebab penyakit pada manusia masih kontroversial.

B. *Escherichia coli* yang menyebabkan infeksi ekstraintestin:

1. *Escherichia coli uropatogenik* (UPEC)

UPEC menyebabkan kira-kira 90% infeksi saluran kandung kemih mulai dari sistitis sampai pielonefritis. Bakteri yang berkolonisasi berasal dari tinja atau daerah perineum saluran urine yang masuk ke dalam kandung kemih. Kemungkinan wanita mengalami infeksi UPEC pada kandung kemih empat belas kali lebih besar daripada, pria karena wanita mempunyai saluran uretra yang lebih pendek. UPEC biasanya menyebabkan infeksi sistitis tanpa gejala serius pada wanita yang saluran inteslinnya telah terinfeksi UPEC sebelumnya. Bakteri yang terdapat pada daerah periureteral tersebut pada akhirnya masuk ke dalam kandung kemih ketika melakukan hubungan seksual. Dengan bantuan *adhesin*, UPEC dapat berkolonisasi pada kandung kemih penderita.

Protein penting *adhesin* yang dikaitkan dengan patogenisitas UPEC adalah P-fimbria atau PAP (pili yang menyebabkan pielonefritis [*pyelonephritis-associated pili*]). P-fimbria dapat berikatan dengan antigen P yang terdapat pada sel darah merah yang mengandung residu D-galaktosa-D-galaktosa. Fimbria ini tidak saja dapat berikatan dengan sel darah merah, tetapi juga dapat berikatan dengan senyawa galaktosa yang terdapat pada permukaan sel-sel epitel saluran kemih. UPEC biasanya menghasilkan siderofor yang dianggap berperan penting selama proses

kolonisasi. Bakteri ini juga menghasilkan hemolisin yang bersifat sitotoksik terhadap membran sel hospes. Aktivitas hemolisin tidak hanya terbatas pada kemampuan melisis sel darah merah; tetapi α -hemolisin *Escherichia coli* dapat melisis limfosit, sedangkan β -hemolisin dapat menghambat aktivitas fagositosis dan kemotaksis neutrofil.

2. *Escherichia coli* meningitis neonatus (NMEC)

NMEC dapat menyebabkan meningitis pada bayi baru lahir. Galur bakteri ini dapat menginfeksi 1 dalam 2000-4000 bayi. Perjalanan infeksi biasanya terjadi setelah *Escherichia coli* masuk ke dalam pembuluh darah melalui nasofaring atau saluran gastrointestinal dan kemudian masuk ke dalam sel-sel otak. Antigen kapsul K1 dianggap sebagai faktor virulensi utama yang menyebabkan meningitis pada bayi. Antigen kapsul K1 dianggap sebagai faktor virulensi utama yang menyebabkan meningitis pada bayi. Antigen K1 dapat menghambat fagositosis, reaksi komplemen, dan respons reaksi imunitas hospes. Selain itu, siderofor dan endotoksin juga berperan penting dalam patogenesis NMEC (Radji, 2011).

2.3.2.2 *Enterobacter aerogenes*

Organisme ini mempunyai simpai yang kecil, dapat hidup bebas seperti dalam saluran usus, serta menyebabkan infeksi saluran kemih dan sepsis (Jawetz, 1996). Bakteri ini biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman-tanaman yang telah mati (Fardiaz, 1993).

2.3.2.3 *Klebsiella sp.*

Klebsiella pneumoniae terdapat dalam saluran napas dan feses pada sekitar 5% orang normal, organisme ini menyebabkan sebagian kecil (sekitar 3%) pneumonia bakterial. *Klebsiella pneumoniae* dapat menyebabkan konsolidasi luas

disertai nekrosis hemoragik pada paru-paru. *Klebsiella* kadang menyebabkan infeksi saluran kemih dan bakterimia dengan lesi fokal pada pasien yang lemah.

Klebsiella pneumoniae dan *Klebsiella oxytoca* menyebabkan infeksi yang diperoleh dari rumah sakit. Dua *Klebsiella* lain yang berhubungan dengan peradangan saluran napas bagian atas: *Klebsiella ozaenae* yang telah diisolasi dari mukosa hidung pada ozena, suatu atrofi progresif pada selaput lendir dengan bau busuk; dan *Klebsiella rhinoscleromatis* pada rinoskleroma, suatu granuloma hidung dan faring yang destruktif (Jawetz, 1996).

2.3.2.4 *Shigella sonnei*

Semua *Shigella* Infeksi *Shigella* terjadi selalu di saluran pencernaan. Invasi ke aliran darah sangat jarang. *Shigella* bisa mengakibatkan penyakit disentri basiler (berak darah yang disebabkan oleh bakteri). Semua spesies *Shigella* seperti *Shigella shigae*, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii* dan *Shigella sonnei* ialah patogen tetapi yang me-ragi laktosa hanya *Shigella sonnei* meskipun termasuk lambat menfermentasi laktosa.

Shigella sangat menular, untuk menimbulkan infeksi diperlukan dosis kurang dari 10^3 organisme (sedang untuk *Salmonella* dan *Vibrio* adalah 10^5 - 10^8). Proses patologik yang penting adalah invasi epitel mukosa; mikroabses pada dinding usus besar dan ileum terminal yang mengakibatkan nekrosis selaput mukosa, ulserasi superfisial, perdarahan dan pembentukan “pseudomembran” pada daerah ulkus. Pseudomembran ini terdiri atas fibrin, leukosit, sisa sel, selaput mukosa yang nekrotik dan bakteri. Bila proses mulai membaik, jaringan granulasi mengisi ulkus dan terbentuk jaringan parut.

2.3.2.5 *Providencia*

Spesies *Providencia* (*Providencia rettgeri*, *Providencia alcalifaciens*, dan *Providencia stuartii*) adalah anggota flora normal di usus. Semuanya menyebabkan infeksi saluran kemih dan sering resisten terhadap pengobatan antimikroba.

2.3.2.6 *Serratia*

S. marcescens adalah patogen oportunistik yang biasa menyerang pasien yang dirawat di rumah sakit. *Serratia* (biasanya tak berpigmen) menyebabkan pneumonia, bakteremia dan endocarditis-terutama pada pecandu narkotika dan pasien yang dirawat di rumah sakit. *S. marcescens* sering bersifat resisten ganda terhadap aminoglikosida dan penisilin; penderita yang terkena infeksi dapat diobati dengan sefalosporin generasi ketiga.

2.3.2.7 *Citrobacter*

Citrobacter dapat menyebabkan infeksi saluran kemih dan sepsis (Jawetz, 1996).

2.3.3 Teknik Pemeriksaan MPN *Coliform* pada Air Minum

Untuk mengetahui jumlah *Coliform* di dalam sampel biasanya digunakan metode MPN dengan cara fermentasi tabung ganda. Metode ini lebih baik dibandingkan dengan metode hitung cawan karena lebih sensitif dan dapat mendeteksi *coliform* dalam jumlah yang sangat rendah sekalipun di dalam sampel.

Uji kualitatif *Coliform* secara lengkap terdiri dari tiga tahap yaitu:

(1.) Uji Penduga, (2.) Uji Penguat dan (3.) Uji Lengkap. Uji penduga juga merupakan uji kuantitatif *Coliform* menggunakan metode MPN. Uji Kualitatif *Coliform* tidak harus selalu dilakukan secara lengkap, hanya dilakukan Uji

Penduga dan Uji Penguat saja. Kondisi dilakukannya pemeriksaan tersebut tergantung dari berbagai faktor misalnya waktu, mutu contoh yang diuji, biaya, tujuan analisis, dan faktor-faktor lainnya (Fardiaz, 1993).

Dua cara yang dapat digunakan untuk menghitung MPN koliform secara sensitif di dalam air, susu atau contoh lainnya, yaitu metode 7 tabung dan 15 tabung. Khususnya untuk air minum menggunakan deret 7 yakni 5-1-1 (Fardiaz, 1993).

Teknik perhitungan statistik ini didasarkan pada fakta bahwa semakin besar jumlah bakteri dalam sampel, semakin besar pengenceran yang dibutuhkan untuk mengurangi densitas sampai titik ketika tidak ada bakteri yang tumbuh dalam tabung reaksi pada suatu seri pengenceran (Radji, 2011).

Metode Nilai Duga Terdekat (MPN) sangat berguna apabila mikroba yang akan dihitung tidak dapat tumbuh dalam media padat seperti NAP untuk perhitungan bakteri secara Angka Lempeng Total. Metode ini juga berguna untuk mengidentifikasi bakteri yang secara selektif memfermentasi laktosa dalam media cair misalnya *Coliform*. Nilai Duga terdekat merupakan angka yang kemungkinan besar menunjukkan 95 % jumlah populasi bakteri dan merupakan angka yang paling mungkin untuk menyatakan jumlah populasi bakteri yang ada di dalam suatu sediaan. Uji Penduga menggunakan media *Lactose Broth II* (LB II) dan *Lactose Broth I* (LB I) atau menggunakan *Lauryl Sulphate Tryptose Broth II* (LSTB II) dan *Lauryl Sulphate Tryptose Broth I* (LSTB I) lalu diinokulasi sampel dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37 °C dan bila Positif terbentuk gas pada Durham maka dilanjutkan pada tes Penguat menggunakan media Brilliant Green Lactose Bile (BGLB) 2% dengan cara dari media LB II dan LB I atau LSTB II

dan LSTB I yang positif diambil 1-2 mata ose lalu inokulasikan pada media BGLB 2% lalu diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam. Setelah diinkubasi selama 24 jam di media BGLB 2% (Radji, 2011). Lalu lihat tabel MPN 7 tabung (5-1-1) berapa yang positif dengan mencocokkan dengan tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Daftar Nilai MPN (Departemen Kesehatan RI, 1991)

Daftar Nilai MPN, menggunakan 7 tabung			
Kombinasi/Jumlah tabung yang positif			MPN / 100 ml
10 ml	1 ml	0,1 ml	
0	0	0	0
0	0	1	2
0	1	0	2
0	1	1	4
1	0	0	2,2
1	0	1	4,4
1	1	0	4,4
1	1	1	6,7
2	0	0	5
2	0	1	7,5
2	1	0	7,6
2	1	1	10
3	0	0	8,8
3	0	1	12
3	1	0	12
3	1	1	16
4	0	0	15
4	0	1	20
4	1	0	21
4	1	1	27
5	0	0	38
5	0	1	96
5	1	0	240
5	1	1	>240