

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tebu

2.1.1 Sejarah Tebu

Tebu merupakan tanaman keluarga rumput yang berasal dari Asia Tenggara. Batangnya yang tebal menyimpan sukrosa. Dari sari tebu ini gula dihasilkan dengan mengeringkan airnya. Gula yang dikristalkan telah dilaporkan semenjak 2500 tahun dahulu di India. Biasanya, tebu yang bengkok adalah kurang manis dibanding tebu yang batangnya lurus. Kebanyakan tebu yang biasa dilihat adalah tebu yang berwarna kuning dan juga tebu yang berwarna hitam. Sekitar abada ke-8 A.D. Orang-orang Arab memperkenalkan gula ke Mediterranean dan kemudian ditanam di Spanyol. Ia merupakan salah satu tanaman terawal yang di bawa ke Amerika oleh orang-orang Spanyol (Anonimus II, 2008).

Dalam tahun 400 di pulau Jawa sudah diperusahakan penduduk. Perusahaan berlangsung terus dan orang-orang Indonesia sudah berabad-abad pandai membuat gula tebu, ketika orang-orang belanda dalam tahun 1595 untuk pertama kali mendarat di pandai Banten, dan kembali ke Eropa sudah mengangkut gula, yang dibeli di pasar-pasar. Adapun gula itu didatangkan orang dari Jakarta, Kerawang, Jepara, Timor dan sebagainya (Soda, 1991)

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman yang membutuhkan musim hujan pada saat penanaman dan sedikit hujan pada saat dipanen (ditebang). Kebetulan kondisi ini sesuai kondisi iklim di Indonesia yang memiliki dua macam iklim yaitu

musim penghujan dan musim kemarau. Tebu yang digunakan sebagai bahan baku pabrik merupakan tanaman keturunan hasil persilangan antara tebu alam dan pamping. Maka untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan maka ditanam jenis (varietas) tertentu yang sesuai dengan kondisi alam dan iklim (suhu, angin, dan intensitas curah hujan) agar didapat hasil gula yang cukup tinggi (Soerjadi, 2003).



Gambar 2.1 :Gambar tanaman tebu

2.1.2 Klasifikasi Ilmiah

Berikut merupakan klasifikasi ilmiah tanaman tebu :

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledone
Ordo	: Glumiflorae
Famili	: Graminae
Genus	: Saccharum
Species	: <i>Saccharum officinarum</i> .

(Indrawanto dkk, 2010).

2.1.3 Morfologi Tebu

Nama tebu hanya dikenal di Indonesia. Di lingkungan Internasional lebih dikenal dengan nama ilmiah *Saccharum officinarum*. Jenis ini termasuk dalam family golongan Graminae atau lebih dikenal sebagai kelompok rumput-rumputan. Secara morfologi tanaman tebu dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu batang, akar, daun, bunga, dan buah.

1) Batang

Batang tanaman tebu berdiri lurus dan beruas-ruas yang dibatasi dengan buku-buku. Pada setiap buku terdapat mata tunas. Batang tanaman tebu berasal dari mata tunas yang berada dibawah tanah yang tumbuh keluar dan berkembang membentuk rumpun. Diameter batang antara 3-5 cm dengan tinggi batang antara 2-5 meter dan tidak bercabang.

2) Akar

Akar tanaman tebu termasuk akar serabut tidak panjang yang tumbuh dari cincin tunas anakan. Pada fase pertumbuhan batang, terbentuk pula akar dibagian yang lebih atas akibat pemberian tanah sebagai tempat tumbuh.

3) Daun

Daun tebu berbentuk busur panah seperti pita, berseling kanan dan kiri, berpelelah seperti daun jagung dan tidak bertangkai. Tulang daun sejajar, ditengah berkeluk. Tepi daun kadang-kadang bergelombang serta berbulu kertas.

4) Bunga

Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50-80 cm. Cabang bunga pada tahap pertama berupa karangan bunga dan pada tahap selanjutnya berupa tandan dengan dua bulir panjang 3-4 mm. terdapat pula benangsari, putik dengan dua kepala putik dan bekal biji.

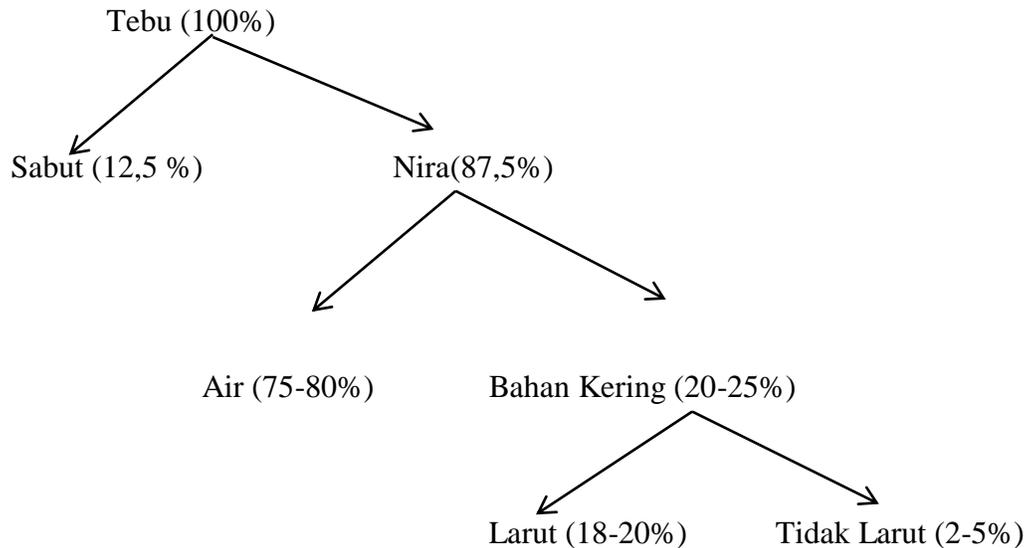
5) Buah

Buah tebu seperti padi, memiliki satu biji dengan besar lembaga $\frac{1}{3}$ panjang biji. Biji tebu dapat ditanam di kebun percobaan untuk mendapatkan jenis baru hasil persilangan yang lebih unggul (Indrawanto dkk, 2010).

2.1.4 Kandungan Tebu

Bila tebu dipotong, akan terlihat serat-serat dan terdapat cairan yang manis. Serat dan kulit batang biasa disebut sabut dengan persentase sekitar 12,5% dari bobot tebu. Cairannya disebut nira dengan persentase 87,5%. Nira terdiri dari air dan bahan kering. Bahan kering tersebut ada yang larut dan ada pula yang tidak larut dalam nira. Gula yang merupakan produk akhir dari pengolahan tebu terdapat dalam bahan kering yang larut dalam nira. Akan tetapi, bahan kering yang larut juga mengandung bahan baku tebu. Jadi dapat dibayangkan betapa kecilnya persentase gula dalam tebu.

SKEMA KANDUNGAN TEBU



Gambar 2.2 : kandungan tebu (Indriani, 1992)

Nira yang terlihat berupa cairan mengandung banyak unsur-unsur penting antara lain sebagai berikut :

1. Amylum atau karbohidrat
2. Sakarosa atau gula tebu. Bentuk sakarosa murni berupa Kristal, tidak berair, dengan rasa manis, dan berwarna putih jernih. Bila dipanaskan pada suhu 100°C-160°C, sakarosa akan meleleh menjadi cair. Apabila suhu lebih panas lagi air akan menguap sehingga terbentuk caramel. Kandungan sakrosa optimal pada waktu tanaman mengalami pemasakan optimal, yakni menjelang berbunga. Apabila ditambah air, sakrosa akan berubah menjadi glukosa dan menjadi fruktosa.
3. Glukosa dan Fruktosa atau gulai urai gulai invert. Glukosa murni berupa Kristal berbentuk tiang dan bebas air dengan titik lebur 146°C. Bila tanaman semakin tua,

kandungan glukosanya semakin tinggi. Fruktosa murni berupa Kristal berbentuk jarum, banyak terdapat seaktu tanaman masih muda (Anonimus I, 1994).

Tabel 2.1 : Tabel nilai gizi tebu

KOMPOSISI NUTRISI AIR TEBU	JUMLAH
Energi	25.0
Protein	4.6 g
Lemak	0.4 g
Karbohidrat	3.0 kkal
Kalori	40.0 kal
Phospat	80.0 µg
Besi	2.00 mg
Vitamin C	50.0 mg
Vitamin B	0.1 mg

Sumber : (Mutiara,2005)

Minuman Sari Tebu

Menurut Nur Arifah, 2008 Minuman sari tebu adalah minuman yang sangat alami dan manis memiliki komposisi kandungan kimia berasal dari batang tebu yang mengandung air gula yang berkadar sampai 20%. Minuman sari tebu banyak dikonsumsi oleh masyarakat, baik orang tua dan anak-anak. Minuman sari tebu banyak dijual dipinggir jalan serta dipusat keramaian sehingga minuman segar ini mudah dijangkau oleh semua orang. Usaha pembuatan minuman sari tebu merupakan usaha yang sederhana, tetapi jika dikelola dengan baik akan menghasilkan keuntungan yang tidak sedikit. Proses pembuatannya mudah dan tidak membutuhkan keterampilan tinggi serta alat yang digunakan sangat sederhana.

Alat yang digunakan dapat menjadi sumber kontaminasi bakteri. Alat yang sering digunakan pada pedagang minuman jajanan adalah termos es, teko, pisau, gunting, dll. Penggunaan alat-alat yang tidak disterilisasi terlebih dahulu

meningkatkan pencemaran mikroorganisme. Selain itu biasanya alat-alat yang digunakan disimpan dan dibiarkan begitu saja setelah dipakai, sehingga menambah resiko terjadinya kontaminasi bakteri patogen (Kurniadi, 2013).

Penggunaan tangan yang tidak bersih dapat menjadi sumber kontaminasi bakteri patogen. Dimulai saat membuat hingga menyajikan perlu diperhatikan kebersihan tangan, tangan yang tidak dicuci dengan sabun dan menyentuh minuman dapat meningkatkan resiko pencemaran bakteri patogen. Sehingga saat melakukan penjamahan makanan perlu digunakan sarung tangan (Naria, 2005).

Lingkungan yang kotor dan tidak terjaga sanitasinya dapat menjadi faktor terkontaminasinya bakteri pada minuman jajanan yang dijual dipinggir jalan. Adapun proses pembuatan sari tebu dengan menggunakan mesin khusus. Batang-batang tebu dibelah menjadi dua bagian. Setelah itu baru dimasukkan ke dalam mesin pemeras. Mesin inilah yang memeras sari tebu hingga hanya tersisa ampas dan batangnya. Cairan yang keluar dari perasan akan langsung keluar secara otomatis melalui kran yang tersambung dengan mesin. Jika tanaman tebu masih muda maka warna air hijau muda sedangkan batang tebu tua akan menghasilkan air perasan tebu yang berwarna lebih tua atau kecoklatan. Hasil air perasannya dapat disajikan dengan gelas-gelas plastic atau dapat dibungkus dalam plastik putih, dapat pula ditambah es sebagai penyejuk (Arifah, 2008).



Gambar 2.3 : Gambar minuman sari tebu

2.2 Tinjauan Tentang Bakteri *Coliform*

2.2.1 Definisi *Coliform*

Suatu group bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya populasi kotoran dan kondisi sanitasi yang kurang baik terhadap air, makanan susu, dan produk susu. Adanya bakteri *Coliform* didalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroorganisme yang bersifat enteropatogenik dan toksigenik yang berbahaya bagi manusia.

Bakteri *Coliform* di bagi menjadi dua :

a) *Coliform* fekal, kelompok bakteri *Coliform* fekal ini diantaranya *Escherichia coli*.

Escherichia coli merupakan bakteri yang berasal dari kotoran hewan atau manusia. Jadi, adanya *Escherichia coli* pada air menunjukkan bahwa air tersebut pernah terkontaminasi feses manusia dan kemungkinan mengandung patogen usus.

b) *Coliform* non fekal, misalnya *Enterobacter Aerogenes* yang biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman yang telah mati. Jenis mikroorganisme ini sering dijumpai pada alat-alat pencernaan hewan dan burung, baik yang sudah ditenak atau yang masih liar. Tempat diperolehnya jenis organisme yang terbanyak yang sehubungan dengan suplay bahan pangan manusia adalah sapi, domba, babi, dan ayam (Novianti, 2012).



Gambar 2.4 : Gambar Bakteri *Coliform*

Adapun yang termasuk bakteri gram negatif antara lain *Escherichia coli*, *Edwarsiella*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Proteus*, *Providentia*, *Pseudomonas*, dan *Basil parakolon*. Beberapa bakteri coliform yang sering terdapat dalam air adalah golongan *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, dan *Escherichia coli* (Supriadi, 1999).

2.2.2 Macam-macam Bakteri *Coliform*

1) *Edwardsiella*

Golongan bakteri ini jarang diperhatikan karena patogenesisnya yang rendah dan jarang merugikan indung semang.

2) *Serratia*

Golongan ini biasanya hidup bebas dan banyak ditemukan dalam air, tanah, serta tumbuh-tumbuhan dan bila keadaan kemungkinan akan menyebabkan enteristis.

3) *Basil Paracolon*

Bakteri ini disebut juga bakteri *Arizona* atau *Hafnia*. Patogenesisnya lemah sering ditemukan pada reptile, ungags, tikus, babi hutan dan manusia pada daerah kolon. Adapun bakteri patogen yang tidak memecah laktosa tetapi tersebar di dalam air yang telah tercemar tinja yaitu :

1) *Salmonella*

Salmonella adalah basil yang tidak begitu panjang, gram negatif, bergerak, flagel, peritrik, tidak dapat beratahan lama diperairan bebas, dapat menyerang jaringan extra intestinal, merupakan penyebab penyakit tifus (demam tifoid).

2) *Shigella*

Shigella adalah basil yang juga tidak begitu panjang, gram negatif, tidak bergerak dan tidak berspora, dan dapat menyebabkan penyakit disentri.

3) *Proteus*

Proteus adalah basil gram negatif, bergerak aktif dengan flagella peritrik, plomorp, tumbuh aerob dan menyebabkan penyakit diare pada anak-anak terutama pada musim panas.

4) *Citrobacter*

Citrobacter adalah bakteri gram negatif, tidak berspora, tidak berkapsul, dan bergerak aktif dengan flagella peritrich. Bakteri ini mudah tumbuh pada media biasa dalam situasi aerob. Pada blood agar plate, memiliki ciri koloni yang kecil-sedang, jernih-kurang, smooth, haemolytic atau anhaemolytic. Sedangkan pada *Mac Cokey* agar plate, memiliki ciri koloni sedang-besar, smooth, merah muda-merah violet, bulat, keeping atau sedikit cembung.

Citrobacter bisa diisolasi dari sejumlah sumber lingkungan, air, air limbah, tanah, makanan, tinja manusia, dan hewan. Bakteri ini dapat menimbulkan infeksi pada saluran urin, saluran pernafasan, kulit permukaan (ulcus, terbakar, otitis luar, luka kulit), bagian dalam (bakterimia, peritonitis, osteomyelitis) dan neonatal meningitis.

5) *Klebsiella*

Klebsiella adalah bakteri batang gram negatif, panjang-pendek, berpasangan atau berderet, tidak berspora, tidak bergerak dan berkapsul. Jika tumbuh pada media sederhana, dapat membentuk koloni yang mukoid. Pada media blood agar plate, memiliki koloni besar, abu-abu, smooth, cembung, mukoid atau tidak, dan anhaemolytic. Sedangkan pada *Mac Conkey* agar plate akan tampak koloni besar-besar, mukoid, cembung, berwarna merah muda-merah bata. Kalau koloni ini diambil dengan ose akan kelihatan seperti tali/benang.

Klebsiella dapat hidup sebagai saprofit pada lingkungan hidup, pada air, tanah, makanan, dan sayur-sayuran. Bakteri ini dapat menimbulkan infeksi pada saluran urin, paru-paru, saluran pernafasan, luka-luka, dan septiksemia (Soemarno, 2000).

Berdasarkan studi hubungan DNA, genus ini terdiri atas *Klebsiella Pneumonia*, *Klebsiella Planticola*, *Klebsiella Terrigena* dan *Klebsiella* group 47. *Klebsiella pneumonia* adalah yang paling sering terisolasi. *Klebsiella Pneumonia* dapat menyebabkan primary community-acquired pneumonia serta pneumonia nosocomial. Biasanya terjadi pada penderita usia pertengahan dan usia tua dengan latar belakang alkoholisme, penyakit bronkopulmonari kronik atau diabetes mellitus. *Klebsiella Pneumonia* juga menyebabkan infeksi saluran kemih, infeksi pada luka, bakterimia dan meningitis.

6) *Enterobacter*

Enterobacter adalah bakteri golongan batang gram negatif, tidak berspora, kadang-kadang berkapsul dan aktif dengan flagella peritich. Pada blood agar plate memiliki koloni sedang-besar, putih, abu-abu, sedikit cembung, bulat, smooth, dan anhaemolytic. Pada *Mac Conkey* agar plate memiliki koloni besar, putih-merah keruh, cembung, bulat, smooth, dan 2x24 jam mukoid (Jawetz dkk, 2008).

Genus *enterobacter* yang terdiri atas 12 spesies, hidup di tanah, air, dan usus besar manusia dan hewan. Ada delapan spesies *Enterobacter* yang berhubungan dengan penyakit pada manusia yaitu *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter aerogenes*, *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter gergoviae*, *Enterobacter sakazakii*, *Enterobacter taylorae*, *Enterobacter asburiae*, dan *Enterobacter hoemaechii*.

Kebanyakan dari isolate meragikan laktosa dengan cepat dan memberikan warna pada koloni. *Enterobacter* tergolong bakteri tidak patogen, walaupun demikian bakteri ini dapat ditemukan didalam darah, urin, feses, sputum, pus, makanan dan minuman, serta air (Soemarno, 2000).

Enterobacter sakazakii dapat dibedakan dengan anggota yang lain karena pigmen kuning yang diproduksinya. *Enterobacter* lebih jarang terisolasi dibandingkan *Klebsiella* dan *Escherichia coli*, meskipun bisa menginfeksi berbagai jaringan dalam tubuh, namun lebih sering dihubungkan dengan infeksi saluran kemih (ISK). Kebanyakan infeksi yang terjadi adalah nosocomial. Penderita tua dengan penyakit-penyakit komplikasi lebih muda terkena infeksi *enterobacter*.

7) *Pseudomonas*

Pseudomonas adalah bakteri gram negatif yang berbentuk batang, motil dan bersifat aerob, beberapa diantaranya menghasilkan pigmen yang larut dalam air. *Pseudomonas* banyak ditemukan di tanah, air, tumbuh-tumbuhan dan binatang (Jawetz dkk, 2008).

Pseudomonas mempunyai habitat normal di tanah dan air, dimana bakteri-bakteri ini berperan dalam proses dekomposisi bahan-bahan organik. Beberapa spesies *Pseudomonas* bersifat patogen terhadap tumbuh-tumbuhan dan binatang. Meskipun umumnya bakteri tersebut tidak menginfeksi manusia, tetapi *Pseudomonas* merupakan patogen oportunistik penting yang sering menginfeksi hospes yang mengalami gangguan status imunitas. Infeksi pada manusia sering kali didapatkan dirumah sakit, dan biasanya cukup berat serta sulit diobati. *Pseudomonas* yang paling sering menyebabkan penyakit pada manusia.

Pseudomonas aeruginosa sering terdapat di flora normal usus dan pada kulit manusia dalam jumlah kecil serta merupakan patogen utama dari kelompoknya. Bakteri ini dapat membentuk koloni pada manusia normal, dan bertindak sebagai saprofit. Bakteri ini dapat menyebabkan penyakit apabila daya tahan tubuh abnormal.

Pseudomonas aeruginosa berbentuk batang, motil dan berukuran sekitar 0,6 x 22 mm. Bakteri ini dapat muncul dalam bentuk tunggal, berpasangan atau kadang dalam bentuk rantai pendek. *Pseudomonas aeruginosa* dapat tumbuh dengan baik pada suhu 37-42°C. Bakteri ini bersifat oksidase-positif dan tidak memfermentasi karbohidrat.

Pseudomonas aeruginosa bersifat patogenik hanya bila terpajan pada daerah yang tidak terdapat pertahanan tubuh normal, misalnya apabila membrane mukosa dan kulit rusak. *Pseudomonas aeruginosa* menyebabkan infeksi pada luka dan luka bakar, menimbulkan pus hijau kebiruan, meningitis bila masuk dalam pungsi lumbal dan infeksi saluran kemih bila masuk bersama kateter dan instrument lain. Bakteri ini sering ditemukan pada otitis eksterna ringan pada perenang dan dapat menyebabkan otitis eksterna invasif (bersifat maligna) pada pasien diabetes. Pada bayi atau orang dengan kondisi lemah *Pseudomonas aeruginosa* dapat memasuki aliran darah dan menyebabkan sepsis yang fatal, keadaan ini biasanya terjadi pada pasien leukemia atau limfoma yang mendapat obat antineoplastik atau terapi radiasi dan pada pasien yang mengalami luka bakar hebat (Jawetz dkk, 2008).

8) *Escherichia Coli*

1. Sifat dan Morfologi

Escherichia Coli adalah anggota family *Enterobacteriaceae* yang merupakan bakteri batang gram negatif, tidak berkapsul, umumnya mempunyai fimbria dan bersifat motil. Bakteri *Escherichia coli* mempunyai ukuran panjang 2,0-6,0 µm dan lebar 1,1-1,5 µm, tersusun tunggal, berpasangan, dengan flagella peritikus (Supardi, 1999).

Suhu optimum *Escherichia coli* untuk tumbuh adalah 37°C, sedangkan interval suhu untuk pertumbuhan adalah 10-40°C. Nilai pH maksimum adalah 8,5. Bakteri ini relative sensitive terhadap panas dan dapat dinaktifkan pada suhu pasteurisasi makanan atau selama pemasakan makanan (Maloha, 2002).

Bakteri ini dapat meragi laktosa dengan cepat sehingga pada agar *Mac Conkey* (MC) dan *Eosin Methylene Blue* (EMB) membentuk koloni merah muda sampai tua dengan kilatan logam yang spesifik, dan permukaan halus. Pada medium agar darah beberapa strain membentuk daerah haemolisi disekeliling koloni (Supriadi, 1999).

2. Patogenesis dan Gambaran Klinis

Escherichia coli merupakan anggota flora normal usus. Bakteri enterik ini kadang-kadang ditemukan dalam jumlah kecil sebagai bagian flora normal saluran napas atas dan saluran genital. Bakteri enteric biasanya tidak menyebabkan penyakit, dan di dalam usus organisme ini bahkan mungkin berperan terhadap fungsi dan nutrisi normal.

Escherichia coli hanya menjadi pathogen bila berada dalam jaringan di luar jaringan usus yang normal atau ditempat yang jarang terdapat flora normal. Bila pertahanan pejamu yang tidak adekuat terutama pada bayi atau usia tua, stadium akhir penyakit lain, setelah mengalami immunosupresi atau pada orang dengan kateter vena atau urin yang terpasang lama dapat terjadi infeksi lokal yang bermakna klinis dan bakteri dapat masuk ke peredaran darah dan menimbulkan sepsis.

Alat-alat yang digunakan dalam industri pengolahan pangan sering terkontaminasi oleh *Escherichia coli* yang berasal dari air yang digunakan untuk

mencuci. Kontaminasi bakteri ini pada makanan atau alat-alat pengolahan merupakan suatu tanda praktek sanitasi yang kurang baik (Supardi, 1999).

3. Infeksi Saluran Kemih

Escherichia Coli adalah penyebab infeksi saluran kemih yang paling sering pada sekitar 90% infeksi saluran kemih pertama pada wanita muda.

Gejala dan tanda-tanda antara lain :

sering berkemih, dysuria, hematuria, dan piuria dan nyeri pinggang. Tidak ada satupun tanda dan gejala yang khas untuk infeksi *Escherichia coli*. Infeksi saluran kemih dapat mengakibatkan bakteremia dengan tanda-tanda klinis sepsis.

4. Sepsis

Bila pertahanan pejamu yang normal tidak adekuat, *Escherichia coli* dapat masuk ke peredaran darah dan menyebabkan sepsis. Neonatus mungkin sangat rentan terhadap sepsis *Escherichia coli* karena sedikitnya kadar antibodi IgM. Sepsis dapat terjadi akibat infeksi saluran kemih.

5. Meningitis

Escherichia coli dan streptokokus grup B merupakan utama meningitis pada bayi. Kira-kira 75% *Escherichia coli* dari kasus meningitis mempunyai antigen K1 (polisakrida). Antigen ini bereaksi dengan kapsular grup B dari *Neisseria Meningitidis*. Mekanisme virulensi yang berhubungan dengan antigen K1 belum dimengerti.

6. Diare

Penyakit yang berkaitan dengan *Escherichia coli* yang menyebabkan diare sangat banyak ditemukan di seluruh dunia. *Escherichia coli* ini diklasifikasikan

berdasarkan karakteristik sifat virulensinya dan masing-masing menyebabkan penyakit melalui mechanism yang berbeda, antara lain (Jawetz dkk, 2008).

a. *Escherichia coli* Enteropatogenik (EPEC)

Merupakan penyebab diare yang penting pada bayi, terutama di Negara berkembang. EPEC sebelumnya dikaitkan dengan wabah diare di ruang perawatan di Negara maju. EPEC menempel pada sel mukosa usus halus. Faktor yang diperantarai oleh kromosom meningkatkan perelaktan. Terdapat kehilangan mikrovili (penumpulan), pembentukan tumpuan filamen aktin atau struktur mirip mangkuk dan kadang-kadang EPEC masuk dalam sel mukosa. Akibat infeksi EPEC adalah diare encer, yang biasanya sembuh sendiri tetapi bisa menjadi kronik. Diare EPEC disebabkan oleh berbagai serotype spesifik *Escherichia coli*; strain diidentifikasi dengan antigen O dan kadang-kadang dengan penentuan tipe antigen H. Pemeriksaan untuk mengidentifikasi EPEC dilakukan di Laboratorium rujukan. Lamanya diare EPEC diperpendek dan diare kronik dapat diobati dengan terapi antibiotik.

b. *Escherichia coli* Enterotoksigenik (ETEC)

Penyebab utama "diare wisatawan" dan penyebab diare yang sangat penting pada bayi di Negara berkembang. Faktor kolonisasi ETEC spesifik untuk mendorong perlekatan ETEC pada sel epitel usus halus manusia. Beberapa strain ETEC menghasilkan endotoksin yang tidak tahan panas yaitu LT yang meningkatkan konsentrasi siklik adenosine monofosfat (cAMP) secara bermakna, yang mengakibatkan sekresi air klorida yang banyak dan lama serta menghambat reabsorpsi natrium. Lumen usus teregang oleh air, terjadi hipermotilitas dan diare yang berlangsung selama beberapa hari.

Beberapa strain ETEC menghasilkan endotoksin yang tahan panas yaitu St yang mengaktifkan guanilil siklase dalam sel epitel enteric dan merangsang sekresi cairan. Strain yang memproduksi kedua toksin tersebut menyebabkan diare yang lebih berat.

c. *Escherichia coli* Enterohaemoragik (EHEC)

Menghasilkan verotoksin. Verotoksin memiliki banyak sifat yang serupa dengan toksin *Shigella dysenteriae* tipe 1, namun dua toksin tersebut berbeda secara antigenik dan genetik. Serotipe *Escherichia coli* menghasilkan verotoksin O157:H7 adalah serotype yang paling sering ditemukan dan satu-satunya yang dapat diidentifikasi. ETEC O157:H7 tidak menggunakan sorbitol, tidak seperti kebanyakan *Escherichia coli* lainnya, negatif pada agar sorbitol *Mac Conkey*, dan juga negatif pada uji MUG. EHEC menimbulkan colitis hemoragik, diare yang berat dan pada sindroma hemolitik uremik, suatu penyakit yang menyebabkan gagal ginjal akut, anemia hemolitik mikroangiopati, dan trombositopenia.

d. *Escherichia coli* Enteroinvasif (EIEC)

Menimbulkan penyakit yang sangat mirip shigelosis. Penyakit ini terjadi paling sering pada anak-anak di Negara berkembang. Seperti shigella, strain EIEC tidak memfermentasi laktosa atau memfermentasi laktosa dengan lambat dan nonmotil. EIEC menimbulkan penyakit dengan menginvasi sel epitel mukosa usus. Diare ini ditemukan hanya pada manusia.

e. *Escherichia coli* Enteroagregatif (EAEC)

Menyebabkan diare akut dan kronik (durasi > 14 hari) pada masyarakat di Negara berkembang. Organisme ini jugam menyebabkan penyakit yang ditularkan

melalui makanan di Negara industri. Organisme ini ditandai oleh pola perlekatannya yang khas pada sel manusia.

Tabel 2.2 Klasifikasi Keempat Galur Escherichia coli

Galur	Tempat Infeksi	Penyakit	Mekanisme Penyakit
ETEC	Usus Kecil	Traveller's diarrhea, tinja berair, kram perut, mual, subfebris	Enterotoksin LT dan St
EIEC	Usus Besar	Shigella-like, diarrhea, tinja berair, berdarah-berlendir, kram perut, dan demam	Invasi dan destruksi jaringan sel epitel
EPEC	Usus kecil	Diare infatil mirip salmonellosis dengan demam, muntah, mual	Invasi dan destruksi jaringan sel epitel
EHEC	Usus besar	Kolitis hemoragik, nyeri perut hebat, diare berair dilanjutkan dengan penularan banyak darah	Verotoksin (sitotoksin SLT I dan II)

Sumber : (Arisman, 2009)

Gejala Diare :

Gejala diare adalah tinja yang encer dengan frekuensi 4x atau lebih dalam sehari, yang kadang disertai :

1. Muntah
2. Badan lesu atau lemah
3. Panas
4. Tidak nafsu makan
5. Darah dan lender dalam kotoran

Diare bisa menyebabkan kehilangan cairan dan elektrolit (mislanya natrium dan kalium), sehingga bayi menjadi rewel atau terjadi gangguan irama jantung maupun perdarahan otak. Diare sering sekali disertai dengan kurangnya cairan atau dehidrasi. Dehidrasi sedang dapat menyebabkan kulit keriput, matan dan ubun-ubung menjadi cekung (pada bayi berumur 18 bulan). Dehidrasi berat bisa berakibat fatal, biasanya menyebabkan syok.

2.2.3 Karakteristik Bakteri *Coliform*

Sifat sifat yang dimiliki bakteri *Coliform* antara lain berbentuk batang, gram negatif, tidak membentuk spora, aerob dan fakultatif anaerob, meragi laktosa dengan membentuk gas dan asam dalam waktu 24-48 jam pada suhu 35-37°C.

Bakteri golongan *Coliform* termasuk dalam keluarga *Enterobacteriaceae*. Bakteri golongan *Coliform* tumbuh baik pada media pepton laktosan atau pepton glukosa. Untuk permulaan sudah dipersiapkan dalam kondisi selektif, karena media sekecil kemungkinan dapat memungkinkan tumbuhnya bakteri yang lain, untuk itu dipergunakan laktosa sebagai media. Agar laktosa dapat diolah, diperlukan kemampuan untuk memecah laktosa dengan perantara enzim B galaktosidase, jenis bakteri golongan *Coliform* dan jenis bakteri asam laktat mampu membentuk enzim ini, namun banyak bakteri lain yang berada di tanah dan sementara pada air tidak dapat (Rahayu, 2009).

Sebagai petunjuk pertama bahwa bakteri golongan *Coliform* adalah pembentuk gas ketika contoh bahan dalam larutan baik peptone laktosa diinkubasi di dalam tabung peragian, maka setelah diinkubasi pada suhu 35-37°C selama 24-48 jam dapat

dilihat gas yang dihasilkan oleh bakteri ini. Karena beberapa bakteri asam laktat juga mampu memecah laktosa dan menghasilkan gas, maka perlu dilakukan tes penegasan dengan media *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB).

2.2.4 Patogenesis dan Patologi

Kuman *Coliform* merupakan sebagian besar flora aerobik pada usus normal. Didalam usus, umumnya kuman ini tidak menyebabkan penyakit, namun organisme ini menjadi patogen bila mencapai jaringan di luar saluran pencernaan.

2.2.5 Epidemi, Pencegahan dan Pengawasan

Dalam air yang kotor bakteri golongan *Coliform* terdapat dalam kepekatan yang secara kasar menyamai tingkat pencemaran tinja. Dengan kata lain bilamana bakteri golongan *Coliform* ditemukan dalam air, kemungkinan mikroorganismenya penyebab penyakit juga terdapat dalam air tersebut, misalnya bakteri *Salmonella* dan *Vibrio cholera* (Rahayu, 2009).

Kuman *Coliform* merupakan flora normal pada saluran pencernaan, Ditemukannya *Coliform* dalam air susu diterima sebagai indikasi adanya kontaminasi tinja. Adanya spesies *Escherichia* atau *Enterobacter* atau intermediatenya dalam jumlah besar dalam air minum menunjukkan adanya kontaminasi permukaan.

Tindakan pengawasan tidak mudah dilakukan pada flora endogen normal. Erotipe enteropatogenik *Escherichia coli* dan kuman “parakolon” harus diawasi seperti *Salmonella*, *Coliform* merupakan masalah pokok infeksi rumah sakit saat ini. Yang penting untuk diketahui adalah bahwa banyak kuman *Coliform* gram negatif adalah “Kopartunis” yang dapat menimbulkan penyakit bila masuk ke dalam penderita yang lemah dalam rumah sakit atau lembaga-lembaga lainnya. Kuman ini

sering di tularkan oleh pegawai, alat-alat atau pengobatan parenteral. Pengawasan kuman tergantung pada cuci tangan, aseptis yang teliti, sterilisasi alat-alat, desinfeksi dan pengendalian perintah pengobatan intravena dan tindakan pencegahan yang teliti dalam mempertahankan saluran air kemih agar tetap steril (Purbowarsito, 2011).

2.2.6 Faktor yang mempengaruhi kontaminasi pada minuman sari tebu oleh *Coliform*

Faktor-faktor yang mempengaruhi adanya kontaminasi *Coliform* pada minuman sari tebu :

1. Bahan-bahan

Tebu yang langsung dikupas kulitnya dan langsung digiling

2. Alat-alat yang kotor

Alat-alat yang digunakan untuk menampung dan menyimpan sari tebu mudah sekali terkontaminasi bakteri *Coliform*, jika alat-alat yang digunakan kotor (Dwidjosaputro, 2003).

Mikroorganisme berada didapur-dapur dan berada ditempat-tempat persiapan bahan pangan melalui baku dan selanjutnya masuk ke makanan yang telah dimasak melalui tangan, permukaan alat-alat, tempat-tempat masakan dan peralatan lain (Jawet, et al 1992).

3. Kebersihan dan kesehatan diri

Syarat utama pengolahan sari tebu adalah memiliki kesehatan yang baik, untuk itu disarankan pekerja melakukan tes kesehatan terlebih dahulu, jika pekerja sedang mempunyai kondisi yang tidak sehat seperti flu atau diare sebaiknya tidak dilibatkan

dalam proses pengolahan sari tebu agar tidak terjadi perpindahan bakteri ke dalam sari tebu (Hiasinta, 2011).

Tangan yang kotor atau terkontaminasi dapat memindahkan bakteri dan virus patogen dari tubuh, faeces, atau sumber lain ke makanan, pencucian tangan meskipun tampaknya merupakan kegiatan ringan dan sering disepelekan, terbukti cukup efektif dalam upaya mencegah kontaminasi (Buckle, 1987).

2.3 *Most Probable Number (MPN)*

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

Perhitungan Mikroorganisme Dengan Metode Angka Paling Mungkin atau *Most Probable Number (MPN)*. Metode penentuan angka mikroorganisme dengan metode Angka Paling Mungkin digunakan luas di lingkungan sanitasi untuk menentukan jumlah kuman *Coliform* di dalam air, susu, makanan lainnya (Purbowarsito, 2011).

Metode ini adalah metode statistik didasarkan pada teori kemungkinan. Serangkaian sampel diencerkan sampai titik akhir dimana tidak ada mikroorganisme hidup. Untuk mendapatkan titik akhir, serangkaian pengenceran di biakkan di dalam media pertumbuhan yang cocok dan perkembangan atau perubahan sifat-sifat yang mudah di amati seperti pembentukan asam, atau kekeruhan dipakai untuk mengetahui adanya pertumbuhan bakteri.

Uji kualitatif *Most Probable Number* (MPN) terdiri dari tiga tahap yaitu :

- 1) Uji Pendugaan (*presumptive test*)
- 2) Uji Penegasan (*confirmed test*)
- 3) Uji Kelengkapan (*completed test*)

Dalam uji tahap pertama, keberadaan *Coliform* masih dalam tingkat probabilitas rendah, masih dalam dugaan. Uji ini mendeteksi sifat fermentatif *Coliform* dalam sampel. Karena beberapa jenis bakteri selain *Coliform* juga memiliki sifat fermentatif, diperlukan uji konfirmasi untuk mengetes kembali kebenaran adanya bakteri *Coliform* dengan bantuan medium selektif diferensial. Uji kelengkapan meyakinkan hasil tes uji konfirmasi dengan mendeteksi sifat fermentatif dan pengamatan mikroskop terhadap ciri-ciri *Coliform*: berbentuk batang, gram negatif, tidak berspora (Fardiaz, 1989).

Uji kualitatif *Coliform* tidak harus selalu dilakukan secara lengkap, hanya dilakukan Uji Pendugaan dan penegasan saja. Kondisi dilakukannya pemeriksaan tersebut tergantung dari berbagai faktor misalnya waktu, mutu contoh yang diuji, biaya, tujuan analisis, dan faktor-faktor lainnya.

Dua cara yang dapat digunakan untuk menghitung MPN *Coliform* 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 Angka Paling Mungkin sangat berguna apabila mikroba yang akan dihitung tidak dapat tumbuh dalam media padat seperti *Nutrient Agar Plate* (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 I* (LB I) dan *Lactose Broth II* (LB II). Lalu diinokulasi sampel dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C dan bila Positif terbentuk gas pada tabung durham maka dilanjutkan pada Tes Penegasan menggunakan media *Brilliant Green Lactose Bile* (BGLB) 2% dengan cara dari medi LB I dan LB II yang positif diambil 1-2 mata ose lalu diinokulasikan pada media BGLB 2% kemudian diinukubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam (Radji, 2011). Lalu lihat tabel MPN 7 tabung (5-1-1) berapa yang positif dengan mencocokkan dengan tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Daftar Nilai MPN

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

Sumber : (Depkes RI, 1991)