

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

Dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini, penulis menggali informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan ataupun kelebihan yang sudah ada. Selain itu, penulis juga menggali informasi dari buku-buku maupun skripsi dalam rangka mendapatkan suatu informasi tentang teori-teori yang berkaitan dengan judul yang digunakan untuk memperoleh landasan teori ilmiah. Dari penelitian sebelumnya, terdapat beberapa penelitian yang sejenis sehingga dapat dibandingkan dengan penelitian ini. Adapun penelitian sebelumnya yang menjadi pandangan serta bahan perbandingan antara lain:

1. Penelitian oleh Trisdayanti, Sawitri, dan Sujaya (2015) dengan judul “Higiene Sanitasi dan Potensi Keberadaan Gen Virulensi *Escherichia coli* pada Lawar di Kuta: Tantangan Pariwisata dan Kesehatan Pangan di Bali”. Adapun perbedaan penelitian yang dilakukan yakni terletak pada proses identifikasi *Escherichia coli*. Penelitian sebelumnya mengidentifikasi *Escherichia coli* pada lawar hingga tahap gen virulensinya dengan menggunakan metode PCR, sedangkan penulis hanya mengidentifikasi sampai pada keberadaan *Escherichia coli* pada lawar dengan media selektif dan uji biokimia. Selain itu, lokasi penelitian yang dilakukan penelitian sebelumnya dilakukan di Kuta, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis dilakukan di Denpasar Selatan.

2. Penelitian oleh Purnama, Purnama, dan Subrata (2017) dengan judul “Kualitas Mikrobiologis dan Higiene Pedagang Lawar di Kawasan Pariwisata Kabupaten Gianyar, Bali”. Adapun perbedaan penelitian yang dilakukan yakni terletak pada metode yang digunakan untuk pemeriksaan *Escherichia coli* pada sampel lawar. Penelitian sebelumnya menggunakan metode MPN (*Most Probable Number*) untuk identifikasi *Escherichia coli*, sedangkan penulis menggunakan media selektif dan uji biokimia. Selain itu, lokasi penelitian yang dilakukan penelitian sebelumnya dilakukan di Gianyar, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis dilakukan di Denpasar Selatan.
3. Penelitian oleh Ekawati, Husnul, dan Hamid (2017) dengan judul “Deteksi *Escherichia coli* Patogen Pada Pangan Menggunakan Metode Konvensional dan Metode Multiplex PCR”. Adapun perbedaannya dengan penelitian yang penulis lakukan yakni terletak pada jenis penelitian yang digunakan. Jenis penelitian sebelumnya ialah eksperimental laboratorium, sedangkan penulis menggunakan penelitian deskriptif kuantitatif.
4. Penelitian oleh Yulianto, Sukrama, dan Hendrayana (2019) dengan judul “Isolasi Bakteri *Escherichia coli* Pada Lawar Merah Babi di Kota Denpasar”. Adapun perbedaan penelitian yang dilakukan yakni terletak pada sampel yang digunakan untuk penelitian. Penelitian sebelumnya menggunakan lawar merah babi sebagai sampel, sedangkan penulis meneliti lawar ayam tanpa penambahan darah sebagai sampel.
5. Penelitian oleh Sukmadhani, Kholifah, Ayu, dan Sujaya (2019) dengan judul “Pengaruh Waktu Penyimpanan Terhadap Tingkat Cemaran Bakteri *Coliform* Pada Makanan Tradisional Lawar Bali”. Adapun perbedaan penelitian yang

dilakukan yakni terletak pada jenis penelitian yang digunakan. Penelitian sebelumnya menggunakan jenis penelitian *true experiment* (rancangan eksperimen sungguhan), sedangkan penulis menggunakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif.

B. Pangan Tradisional

Pangan tradisional merupakan salah satu wujud budaya yang memiliki ciri khas pada setiap daerah, beraneka macam, memiliki cara pengolahan tersendiri pada setiap daerah dan mencerminkan potensi alam daerah masing-masing. Pangan tradisional tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan gizi masyarakatnya, namun juga dapat mempererat hubungan antar manusia serta dapat dipromosikan untuk menunjang pariwisata (Sukmadhani dkk., 2013).

Pangan tradisional adalah makanan, jajanan dan minuman, serta bahan campuran (*ingredient*) yang secara tradisional telah digunakan dan berkembang di daerah atau masyarakat Indonesia. Pangan tradisional umumnya dapat dibagi menjadi 4 golongan besar yaitu makanan utama, lauk pauk, jajanan dan minuman. Sedangkan dalam budaya orang Bali, makanan diklasifikasikan atas dua katagori pokok yaitu pertama makanan pokok (nasi, sayur-mayur, lauk-pauk, sambal dan minuman) dan yang kedua adalah makanan sampingan. Kekhasan suatu makanan lebih banyak dijumpai dalam unsur lauk pauk dan sambal, sehingga dapat dibedakan antara satu daerah dengan daerah lainnya. Lauk pauk untuk makanan orang Bali ada tiga kategori yaitu: (1) Daging dan ikan, keduanya diberi istilah *Be*, (2) Sayur mayur atau *jukut*, dan (3) kombinasi dari *be* dan *jukut* dikenal dengan *lawar*, *jukut balung*, dan *komoh*. Pangan tradisional Bali dapat juga dikelompokkan menjadi 4 jenis yaitu olah-olahan kering seperti sate, olah-olahan

basah seperti *lawar*, *timbangan* dan *brengkes*, olah-olahan cair seperti *komoh*, dan *gerang asem* dan olah-olahan yang dimasak utuh seperti *betutu* dan *be guling* (Yusa dan Suter, 2013).

C. Lawar Ayam

Lawar adalah sejenis lauk pauk yang dibuat dari campuran daging dengan sayuran dan bumbu. Selain sebagai lauk pauk, lawar juga sejak lama sudah dikenal oleh masyarakat Hindu Bali menjadi salah satu sarana dalam melaksanakan upacara adat maupun keagamaan seperti upacara pernikahan, kematian, dan berbagai upacara di tempat-tempat suci (pura). Dalam aspek sosial dan budaya bagi masyarakat Hindu di Bali, mengonsumsi lawar tidak hanya untuk menghilangkan rasa lapar atau untuk memenuhi kebutuhan perut yang kosong, tetapi juga berfungsi sosial, antara lain berfungsi sebagai alat komunikasi, religius, dan menunjukkan identitas budaya (Purnama, Pratiwi, dan Purnama, 2015).

Menurut Suter dalam Trisdayanti (2015), pada umumnya jenis jenis lawar di Bali dikategorikan berdasarkan jenis daging yang digunakan sebagai bahan lawar, yaitu lawar sapi (lawar yang menggunakan daging sapi), lawar babi (lawar yang menggunakan daging babi), lawar penyu, lawar ayam, dan lawar itik. Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat lawar adalah daging, sayur, kelapa, bumbu, dan kadang-kadang darah segar dari hewan yang berfungsi sebagai pewarna merah. Sayur yang digunakan adalah buah nangka muda, buah pepaya muda, berbagai jenis daun seperti daun belimbing, dan daun jarak, kacang-kacangan seperti kacang panjang. Sedangkan untuk bumbu yang digunakan dalam pembuatan lawar jenisnya sangat bervariasi. Umumnya bumbu terdiri dari lengkuas, jahe, kunyit, kencur, kemiri, bawang merah, bawang putih, ketumbar,

merica, kelapa, terasi, cabe rawit, daun ginton, dan sereh. Jumlah masing-masing bahan bumbu ini belum ada takaran yang pasti. Demikian pula tentang komposisi bahan penyusun lawar seperti daging, kulit hewan yang dagingnya digunakan sebagai bahan lawar, sayur, kelapa, dan bumbu yang digunakan belum ada acuan yang pasti, sangat tergantung pada selera pengolah lawar.

Beberapa nama bumbu di Bali yang spesifik digunakan dalam masakan lawar adalah (Sari, 2018):

1. Bumbu Kele I/Bumbu Hitam terdiri dari merica hitam, pala sedikit, cengkeh, kemiri, kencur, bawang putih, kulit kelapa dipanggang, dan semua bahan diulek halus lalu digoreng.
2. Bumbu Kele II/Bumbu Putih terdiri dari jahe, lengkuas, kemiri dan semua bahan diulek halus lalu digoreng.
3. Sambal mbe goreng terdiri dari bawang merah, bawang putih, terasi, garam, jeruk limau, lombok. Cara membuat: terasi, bawang merah, bawang putih, dan lombok diiris-iris kemudian digoreng secara terpisah.

Adapun cara membuat lawar ayam menurut Sari (2018), yaitu sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan berupa jejeroan ayam, kulit-kulit ayam disiapkan. Jika ingin menggunakan darah, bisa ditambahkan darah ayam yang sudah diperas dengan ampas kelapa.
2. Bumbu yang digunakan seperti bumbu kele I, bumbu kele II, sambal mbe goreng, dan jeruk limau juga disiapkan.
3. Campuran yang digunakan dalam pengolahan lawar ayam seperti nangka muda, buah kacang, telur dadar, kecipir muda disiapkan

4. Cara membuat lawar ayam:

- a. Nangka muda dan jejeroan dicincang halus. Darah dihancurkan pada ampas kelapa. Bahan ini dicampur jadi satu serta diisi bumbu-bumbu tersebut. Kelapa panggang juga ditambahkan ke dalam wadah.
- b. Buah kacang dan telur dadar diiris-iris halus. Campurannya juga diiris-iris halus, demikian pula dengan kecipir.
- c. Setelah semua bahan ditambahkan, campuran diaduk menjadi satu dengan menggunakan tangan sampai merata.
- d. Setelah selesai dicampur, lawar ini siap disajikan dan disantap.

Namun sampai saat ini, pengolahan lawar yang dilakukan oleh masyarakat Bali masih berdasarkan tradisi turun-menurun, tanpa mengacu resep tertentu sehingga mutu lawar yang dihasilkan sangatlah beragam antara pedagang lawar satu dengan yang lainnya. Dalam pembuatan masakan tradisional ini yang perlu diperhatikan selain dari segi cita rasa adalah dari segi sanitasi lingkungan, higiene penjamah, kebersihan bahan dan alat yang dipakai ketika masakan tersebut dibuat. Karena hal-hal tersebut mempengaruhi kualitas masakan lawar yang dibuat (Purnama, Pratiwi, dan Purnama, 2015).

D. Keamanan Pangan

Berdasarkan Undang-undang Pangan No. 18 tahun 2012, keamanan pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan dan budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi.

Cara pengelolaan makanan yang baik yaitu dengan menerapkan prinsip higiene dan sanitasi makanan. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2014), prinsip higiene sanitasi makanan, meliputi:

1. Pemilihan bahan makanan

Pemilihan bahan makanan harus memperhatikan mutu dan kualitas serta memenuhi persyaratan yaitu untuk bahan makanan tidak dikemas harus dalam keadaan segar, tidak busuk, tidak rusak/berjamur, tidak mengandung bahan kimia berbahaya dan beracun serta berasal dari sumber yang resmi atau jelas. Untuk bahan makanan dalam kemasan atau hasil pabrikan, bahan wajib mempunyai label dan merek, komposisi jelas, terdaftar dan tidak kadaluwarsa.

2. Penyimpanan bahan makanan

Penyimpanan bahan makanan baik bahan makanan tidak dikemas maupun dalam kemasan harus memperhatikan tempat penyimpanan, cara penyimpanan, waktu atau lama penyimpanan dan suhu penyimpanan. Selama berada dalam penyimpanan, makanan harus terhindar dari kemungkinan terjadinya kontaminasi oleh bakteri, serangga, tikus dan hewan lainnya serta bahan kimia berbahaya dan beracun. Bahan makanan yang disimpan lebih dahulu atau masa kadaluwarsanya lebih awal dimanfaatkan terlebih dahulu.

3. Pengolahan makanan

Empat aspek higiene sanitasi makanan sangat mempengaruhi proses pengolahan makanan, oleh karena itu harus memenuhi persyaratan, yaitu:

- a. Tempat pengolahan makanan atau dapur, harus memenuhi persyaratan teknis higiene sanitasi untuk mencegah risiko pencemaran terhadap makanan serta

dapat mencegah masuknya serangga, binatang pengerat, vektor dan hewan lainnya.

- b. Peralatan yang digunakan harus aman dan tidak berbahaya bagi kesehatan (lapisan permukaan peralatan tidak larut dalam suasana asam/ basa dan tidak mengeluarkan bahan berbahaya dan beracun) serta peralatan harus utuh, tidak cacat, tidak retak, tidak gompel dan mudah dibersihkan.
- c. Bahan makanan harus memenuhi persyaratan dan diolah sesuai urutan prioritas. Perlakuan terhadap makanan hasil olahan harus sesuai dengan persyaratan higiene dan sanitasi makanan, bebas cemaran fisik, kimia dan bakteriologis.
- d. Penjamah makanan/pengolah makanan berbadan sehat, tidak menderita penyakit menular dan berperilaku hidup bersih dan sehat.

4. Penyimpanan makanan matang

Penyimpanan makanan yang telah matang harus memperhatikan suhu, pewadahan, tempat penyimpanan dan lama penyimpanan. Penyimpanan pada suhu yang tepat baik suhu dingin, sangat dingin, beku maupun suhu hangat serta lama penyimpanan sangat mempengaruhi kondisi dan cita rasa makanan matang.

5. Pengangkutan makanan

Dalam pengangkutan baik bahan makanan maupun makanan matang harus memperhatikan beberapa hal yaitu alat angkut yang digunakan, teknik/cara pengangkutan, lama pengangkutan, dan petugas pengangkut. Hal ini untuk menghindari risiko terjadinya pencemaran baik fisik, kimia maupun bakteriologis.

6. Penyajian makanan

Makanan yang telah masak, ditempatkan pada tempat khusus untuk pemorsian dan kemudian disalurkan dan siap disajikan pada konsumen. Pengawasan higiene dan sanitasi terhadap penyajian makanan meliputi: kebersihan alat-alat, alat pengangkutan serta personal yang mengerjakannya.

E. *Food borne illnesses*

Food borne illnesses didefinisikan oleh *World Health Organization* sebagai penyakit infeksi atau toksik alamiah yang bisa disebabkan oleh terkontaminasinya makanan atau minuman (WHO, 2011). *Food borne illnesses* diklasifikasikan menjadi dua grup besar yaitu infeksi dan intoksikasi. Intoksikasi disebabkan oleh masuknya toksin yang dihasilkan patogen kedalam tubuh, sedangkan infeksi disebabkan oleh masuknya patogen hidup yang terkandung didalam makanan kedalam tubuh (Addis dan Sisay, 2015). Sebagian besar kejadian *food borne illnesses* diakibatkan oleh konsumsi pangan yang mengandung patogen seperti bakteri, virus, parasit, atau pangan yang tercemar akibat bio-toksin (WHO, 2011). Berbagai jenis bakteri dapat menyebabkan kejadian *food borne illnesses*, salah satu bakteri tersebut adalah bakteri *Escherichia coli*. Bakteri ini berasal dari kotoran manusia dan hewan (Trisdayanti, 2015).

F. Bakteri *Escherichia coli*

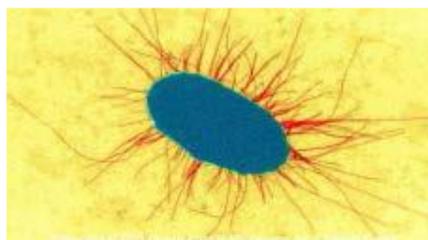
Escherichia coli termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae* yang dapat menyebabkan infeksi pada saluran cerna manusia. Infeksi *Escherichia coli* biasanya melalui konsumsi makanan yang tercemar, seperti daging yang mentah,

daging yang dimasak setengah matang, dan susu mentah. Gejala infeksi *Escherichia coli* yaitu kram pada perut, diare, kadang bisa diare berdarah, demam, dan muntah-muntah. Penderita bisa sembuh setelah 10 hari namun terkadang bisa mengancam hidup manusia (WHO, 2014). Selain menyebabkan diare, *Escherichia coli* juga bisa menginfeksi saluran kencing, saluran pernafasan, dan pneumonia (Trisdayanti, 2015).

1. Morfologi dan fisiologi

Escherichia coli merupakan bakteri gram negatif, berbentuk batang pendek (kokobasil), mempunyai flagel, berukuran lebar $0,4-0,7\mu\text{m}$ x $1,4\mu\text{m}$ dan mempunyai simpai. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif dan membentuk koloni yang bundar, cembung, dan halus dengan tepi yang nyata (Brooks dkk., 2010). Berdasarkan taksonominya, *Escherichia coli* diklasifikasikan sebagai berikut (Kuswiyanto, 2016):

Kingdom : Bacteria
Divisio : Proteobacteria
Kelas : Gamma Proteobacteria
Ordo : Enterobacteriales
Famili : Enterobacteriaceae
Genus : *Escherichia coli*



Gambar 1 *Escherichia coli* (sumber: Kuswiyanto, 2016)

Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif bersifat motil dengan flagel peritrika, mempunyai kapsul dan bersifat anaerob fakultatif. Bakteri *Escherichia coli* dapat menfermentasi karbohidrat dan menghasilkan gas dari glukosa. Bakteri *Escherichia coli* tumbuh dengan baik di hampir semua media perbenihan, dapat meragi laktosa dan bersifat mikroaerofilik (Radji, 2016).

Escherichia coli tumbuh pada media sederhana dengan pH 7,2. Bakteri ini dapat tumbuh pada suhu 10- 40⁰C dengan suhu optimal 37,5⁰C. *Escherichia coli* mampu mengurai glukosa menjadi asam dan gas, memfermentasi laktosa dan manitol, tergolong indol-positif, serta membentuk koloni yang khas pada EMB (*Eosin Methylen Blue*). Selain itu, beberapa jenis *Escherichia coli* dapat menghemolisis dan tumbuh pada suasana aerob dan anaerob (Kuswiyanto, 2016).

Escherichia coli merupakan salah satu flora normal yang terdapat dalam usus. *Escherichia coli* mampu menghasilkan vitamin K dalam usus dan merupakan bakteri dalam famili *enterobacteriaceae* yang paling sering dijumpai dibandingkan dengan *enterobacteriaceae* yang lain. Bakteri ini disebut opportunistik dikarenakan sering dijumpai dalam tanah, sampah, serta air. *Escherichia coli* dapat berpindah karena adanya kegiatan seperti dari tangan ke mulut atau dengan pemindahan pasif lewat minuman (Kuswiyanto, 2016).

2. Struktur Antigen

Escherichia coli memiliki antigen O, H dan K. Saat ini telah ditemukan sekitar 150 tipe antigen O, 90 tipe antigen K dan 50 tipe antigen H. Berdasarkan sifat-sifat fisiknya, antigen K dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu I, A, dan B (Radji, 2016).

Faktor Virulensi:

a. Antigen Permukaan

Escherichia coli sedikitnya memiliki dua jenis tipe fimbria, yaitu tipe manosa sensitive (pili) dan tipe manosa resisten (*Colonization Factor Antigen*, CFA I dan II). Kedua tipe fimbria ini penting sebagai faktor kolonisasi, yaitu untuk pelekatan sel bakteri pada sel hospes. Enteropatogenik berarti dapat menimbulkan penyakit pada saluran intestine. Antigen KI berperan menghalangi proses fagositosis sel bakteri oleh leukosit (Radji, 2016).

b. Enterotoksin

Enterotoksin yang berhasil diisolasi dari *Escherichia coli* adalah Toksin LT (termolabil) dan Toksin ST (termostabil). Produksi kedua jenis toksin tersebut diatur oleh plasmid. Plasmid dapat pindah dari satu sel bakteri ke sel bakteri yang lain. Bakteri *Escherichia coli* memiliki dua jenis plasmid, yaitu plasmid yang menyandi pembentukan toksin LT dan ST dan plasmid yang menyandi pembentukan toksin ST saja (Radji, 2016).

c. Hemolisin

Pembentukan hemolisin diatur oleh plasmid. Hemolisin merupakan protein yang bersifat toksik terhadap sel pada biakan jaringan. Peranan hemolisin pada proses infeksi *Escherichia coli* belum diketahui dengan jelas. Akan tetapi, galur *Escherichia coli* hemolitik ternyata lebih patogen daripada galur yang nonhemolitik (Radji, 2016).

3. Patogenitas

Hampir semua hewan berdarah panas dapat dikoloniasi oleh *Escherichia coli* hanya dalam beberapa jam atau beberapa hari setelah dilahirkan. Kolonisasi

pada bayi dapat terjadi oleh bakteri yang ada didalam makanan atau air atau kontak langsung melalui pengasuh bayi. Kolonisasi *Escherichia coli* dalam saluran cerna manusia biasanya setelah 40 hari dilahirkan. *Escherichia coli* dapat melekat pada usus besar dan dapat bertahan selama beberapa bulan bahkan beberapa tahun. Perubahan populasi bakteri *Escherichia coli* terjadi dalam periode yang lama, hal ini dapat terjadi setelah infeksi usus atau setelah penggunaan kemoterapi atau antimikroba yang dapat membunuh flora normal (Radji, 2016).

Lebih dari 700 serotipe antigenik *Escherichia coli* telah dikenal berdasarkan perbedaan struktur antigen O (antigen somatic), H (antigen flagel), dan K (antigen kapsul, selubung). Sebagai contoh, *Escherichia coli* serotype O157: H7 menunjukkan bahwa serotype bakteri ini dibedakan berdasarkan jenis antigen O157 antigen H7 (Radji, 2016).

Sebagai besar penyakit yang disebabkan oleh infeksi *Escherichia coli* ditularkan melalui makan yang tidak dimasak dan daging yang terkontaminasi. Penularan penyakit dapat terjadi melalui kontak langsung dan biasanya terjadi ditempat yang memiliki sanitasi dan lingkungan yang kurang bersih (Radji, 2016).

4. Kelompok galur *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri indikator kualitas air minum karena keberadaannya di dalam air mengindikasikan bahwa air tersebut terkontaminasi oleh feses, yang kemungkinan juga mengandung mikroorganisme enteric patogen lainnya (Zakki, 2015).

Berdasarkan sifat virulensi, *Escherichia coli* dikelompokkan menjadi *Escherichia coli* yang menyebabkan infeksi intestine dan *Escherichia coli* yang

menyebabkan infeksi ekstraintestin (Radji, 2016). Beberapa galur *Escherichia coli* menyebabkan infeksi intestine digolongkan sebagai berikut, yaitu:

a. *Escherichia coli* Enteropatogenik (EPEC)

Penyebab penting diare pada bayi, khususnya di negara berkembang. EPEC melekat pada sel mukosa yang kecil. Faktor yang diperantarai secara kromosom menimbulkan pelekatan yang kuat. Akibat dari infeksi EPEC adalah diare cair yang biasanya sembuh sendiri tetapi dapat juga kronik. EPEC sedikit fimbria, ST dan LT toksin, tetapi EPEC menggunakan adhesin yang dikenal sebagai intimin untuk mengikat inang sel usus. Sel EPEC invasive (jika memasuki sel inang) dan menyebabkan radang (Radji, 2016).

b. *Escherichia coli* Enterotoksigenik (ETEC)

Penyebab yang sering dari “diare wisatawan” dan sangat penting menyebabkan diare pada bayi di Negara berkembang. Faktor kolonisasi ETEC yang spesifik untuk menimbulkan pelekatan ETEC pada sel epitel usus kecil. Beberapa strain ETEC menghasilkan eksotosin tidak tahan panas. Profilaksis antimikroba dapat efektif tetapi bisa menimbulkan peningkatan resistensi antibiotik pada bakteri, mungkin sebaiknya tidak dianjurkan secara umum. Ketika timbul diare, pemberian antibiotik dapat secara efektif mempersingkat lamanya penyakit. ETEC menggunakan fimbrial adhesi (penonjolan dari dinding sel bakteri) untuk mengikat sel–sel enterocit di usus halus. ETEC dapat memproduksi dua proteinous enterotoksin: dua protein yang lebih besar, LT enterotoksin sama pada struktur dan fungsi toksin kolera hanya lebih kecil, ST enterotoksin menyebabkan akumulasi cAMP pada sel target dan elektrolit dan cairan sekresi

berikutnya ke lumen usus. ETEC strains tidak invasive dan tidak tinggal pada lumen usus (Radji, 2016).

c. *Escherichia coli* Enterohemoragik (EHEC)

Menghasilkan verotoksin, dinamai sesuai efek sitotoksinya pada sel Vero, suatu sel hijau dari monyet hijau Afrika. Terdapat sedikitnya dua bentuk antigenik dari toksin. EHEC berhubungan dengan kolitis hemoragik, bentuk diare yang berat dan dengan sindroma uremia hemolitik, suatu penyakit akibat gagal ginjal akut, anemia hemolitik mikroangiopatik, dan trombositopenia. Banyak kasus EHEC dapat dicegah dengan memasak daging sampai matang. Diare ini ditemukan pada manusia, sapi, dan kambing (Radji, 2016).

d. *Escherichia coli* Enteroinvasif (EIEC)

Menyebabkan penyakit yang sangat mirip dengan shigellosis. Penyakit yang terjadi sangat mirip dengan shigellosis. Penyakit sering terjadi pada anak-anak di negara berkembang dan para wisatawan yang menuju ke negara tersebut. EIEC melakukan fermentasi laktosa dengan lambat dan tidak bergerak. EIEC menimbulkan penyakit melalui invasinya ke sel epitel mukosa usus. Diare ini ditemukan hanya pada manusia (Radji, 2016).

e. *Escherichia coli* Enteroagregatif (EAEC)

Menyebabkan diare akut dan kronik pada masyarakat di negara berkembang. Bakteri ini ditandai dengan pola khas pelekatannya pada sel manusia. EAEC diperkirakan memproduksi EAST (entero aggregative ST toksin), yang merupakan suatu enterotoksin yang tidak tahan panas. EAEC memproduksi hemolisin dan ST enterotoksin yang sama dengan ETEC (Zakki, 2015).

Galur *Escherichia coli* yang menyebabkan infeksi ekstraintestine digolongkan sebagai berikut, yaitu:

a. *Escherichia coli Uropatogenetik (UPEC)*

UPEC menyebabkan kira-kira 90% infeksi saluran kandung kemih mulai dari sistitis sampai pielonefritis. Bakteri berkolonisasi berasal dari tinja atau daerah perineum saluran urine yang masuk kedalam kandung kemih. UPEC biasanya menyebabkan infeksi sistitis tanpa gejala serius pada wanita yang saluran intestinya telah terinfeksi UPEC sebelumnya. Bakteri yang terdapat pada daerah periureteral tersebut pada akhirnya masuk kedalam kandung kemih ketika melakukan hubungan seksual. Dengan bantuan adhesin, UPEC dapat berkolonisasi pada kandung kemih penderita. UPEC biasanya menghasilkan siderofor yang dianggap penting selama proses kolonisasi. Bakteri ini juga menghasilkan hemolisin yang bersifat sitotoksin terhadap membrane sel hospes. Aktivitas hemolisin tidak hanya sebatas kemampuan melisis sel darah merah, tetapi α -hemolisin *Escherichia coli* dapat melisiskan limfosit, sedangkan β -hemolisin dapat menghambat aktivitas fagositosis dan kemotaksin neutrophil (Radji, 2016).

b. *Escherichia coli Meningitis Neonatus (NMEC)*

NMEC dapat menyebabkan meningitis pada bayi baru lahir. Galur ini dapat menginfeksi 1 dalam 200-4000 bayi. Perjalanan infeksi biasanya terjadi setelah *Escherichia coli* masuk kedalam pembuluh darah melalui nasofaring atau saluran gastrointestinal dan kemudian masuk kedalam sel-sel otak. Antigen kapsul K1 dianggap sebagai faktor virulensi utama yang menyebabkan meningitis pada bayi. Antigen K1 dapat menghambat fagositosis, reaksi komplemen, dan respon

reaksi imunitas hospes. Selain itu siderofor dan endotoksin juga berperan penting dalam patogenesis NMEC (Radji, 2016).

5. Dampak *Escherichia coli*

Penyakit yang sering ditimbulkan oleh *Escherichia coli* adalah diare. Gejala diare atau mencret adalah tinja yang encer dengan frekuensi empat kali atau lebih dalam sehari, yang kadang disertai: muntah, badan lesu atau lemah, panas, tidak nafsu makan, ditemukan darah dan lendir dalam kotoran. Diare bisa menyebabkan kehilangan cairan dan elektrolit (misalnya natrium dan kalium), sehingga bayi menjadi rewel atau terjadi gangguan irama jantung maupun perdarahan otak. Diare seringkali disertai oleh dehidrasi (kekurangan cairan). Dehidrasi ringan hanya menyebabkan bibir kering. Dehidrasi sedang menyebabkan kulit keriput, mata dan ubun-ubun menjadi cekung (pada bayi yang berumur kurang dari 18 bulan). Dehidrasi berat bisa berakibat fatal, biasanya menyebabkan syok. Akibat dari bakteri *Escherichia coli* adalah gangguan sistem pencernaan, gangguan pada ginjal, serangan jantung, dan tekanan darah tinggi. Selain diare, *Escherichia coli* juga dapat menyebabkan beberapa penyakit yang bisa juga disebabkan beberapa bakteri lain seperti infeksi saluran kemih, sepsis dan meningitis (Brooks dkk., 2010).

G. Identifikasi *Escherichia coli*

Uji identifikasi bakteri *Escherichia coli* adalah serangkaian uji berdasarkan karakteristik *Escherichia coli*. Keberadaan *Escherichia coli* dapat diuji melalui penanaman sampel pada media selektif yang kemudian dilanjutkan dengan uji indol untuk uji konfirmasi. *Chromogenic Coliform Agar (CCA)* merupakan media

selektif yang direkomendasikan untuk deteksi simultan *Escherichia coli* dan Total coliform. Medium ini berisi tiga substrat kromogenik. Enzim β -D-galaktosidase diproduksi oleh coliform memotong 6-kloro-3-indoxyl- β -D-galactopyranoside membentuk koloni berwarna merah. Enzim β -D-glucuronidase diproduksi oleh *Escherichia coli* membelah asam 5-bromo 4chloro-3--indoxyl- β -D-glukuronat. Koloni *Escherichia coli* memberikan biru gelap sampai ungu. Koloni berwarna karena pembelahan kedua chromogens. Kehadiran ketiga chromogens IPTG meningkatkan reaksi warna. Penambahan L-Tryptophan meningkatkan reaksi indol sehingga meningkatkan keandalan deteksi. Tergitol-7 menghambat gram positif serta beberapa bakteri gram negatif lainnya dari coliform (Mudu, 2017).

Tabel 1
Komposisi Media CCA

Bahan	Jumlah
Agar	10.0 g
NaCl	5.0 g
Peptone	3.0 g
Na ₂ HPO ₄	2.7 g
Na ₂ H ₂ PO ₄	2.7 g
Tryptophan	1.0 g
Na-pyruvate	1.0 g
Chromogenic	0.4 g
Tergiotol	0.15 g
pH 7.0 ± 0.2 at 25 ⁰ C	

sumber: Mudu S.O., 2017

Uji indol dilakukan sebagai uji konfirmasi *Escherichia coli* yang tumbuh pada media CCA. Uji ini dilakukan pada media SIM yang bisa digunakan untuk 3 uji sekaligus, yaitu uji sulfur, uji indol, dan uji motilitas (Purlianto, 2015).

1. Uji sulfur

Uji sulfur bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menguraikan asam amino menjadi sulfur. Sulfur dihasilkan oleh beberapa jenis mikroba melalui pemecahan asam amino yang mengandung sulfur belerang (S) seperti lisin dan metionin. Hasil peruraian sulfur dapat diamati dengan penambahan garam-garam logam berat ke dalam medium. Hasil positif apabila H₂S bereaksi dengan senyawa-senyawa ini yang ditandai dengan terbentuknya logam sulfid yang berwarna hitam. Jika dalam suatu sampel terdapat *Escherichia coli*, media SIM akan tetap berwarna kuning dan tidak akan berubah warna menjadi hitam dikarenakan *Escherichia coli* tidak mampu menguraikan asam amino menjadi sulfur (Purlianto, 2015).

2. Uji motilitas

Uji motilitas adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi *Escherichia coli* terhadap bakteri lainnya berdasarkan penyebaran koloni karena *Escherichia coli* memiliki kemampuan bergerak (motil) dalam media SIM. Kandungan NA semisolid dalam media SIM memungkinkan bakteri yang memiliki flagel melakukan pergerakan dalam media tersebut. *Escherichia coli* memiliki karakteristik mempunyai flagel diseluruh badan sebagai alat gerak di habitatnya. Apabila dalam media terdapat pertumbuhan bakteri yang menyebar, maka dinyatakan bakteri yang diidentifikasi tersebut adalah golongan *Enterobacter*, termasuk *Escherichia coli* (Purlianto, 2015).

3. Uji indol

Uji indol digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya indol dari peruraian triptofan oleh bakteri *Coliform*. *Escherichia coli* merupakan jenis bakteri

Coliform. Uji ini menggunakan media *Sulfide Indol Motility* (SIM) dengan penambahan reagen kovacs. Hasil positif ditandai dengan warna merah atau merah muda dipermukaan media. Uji ini dilakukan setelah pengamatan motilitas agar tidak mengganggu pengamatan motilitas pada media uji (Purlianto, 2015).

H. Angka Lempeng Total

Angka lempeng total adalah pengujian yang dilakukan untuk menghitung angka bakteri aerob mesofil yang terdapat dalam suatu sampel. Uji Angka Lempeng Total (ALT) dan lebih tepatnya ALT aerob mesofil atau anaerob mesofil menggunakan media padat dengan hasil akhir berupa koloni yang dapat diamati secara visual berupa angka dalam koloni (CFU) per ml/gram atau koloni/100ml. (Kuswiyanto, 2016).

Pada uji angka lempeng total, metode yang sering digunakan, yaitu hitung cawan. Prinsip dari metode hitung cawan adalah sel mikroba yang masih hidup ditumbuhkan pada medium agar, kemudian sel mikroba tersebut akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung dan kemudian dihitung tanpa menggunakan mikroskop (Radji, 2016).

Kelebihan dari penggunaan metode hitung cawan yaitu sensitif untuk menghitung jumlah mikroba dikarenakan hanya sel yang masih hidup yang dihitung, beberapa jenis mikroba dapat dihitung sekaligus, serta dapat digunakan untuk isolasi dan identifikasi mikroba karena koloni yang terbentuk mungkin berasal dari mikroba yang mempunyai penampakan spesifik (Waluyo, 2016).

Sedangkan kekurangan dari penggunaan metode hitung cawan meliputi (Waluyo, 2016):

- a. Hasil perhitungan tidak menunjukkan jumlah sel mikroba yang sebenarnya, karena beberapa sel yang berdekatan mungkin membentuk satu koloni.
- b. Medium dan kondisi inkubasi yang berbeda mungkin menghasilkan nilai yang berbeda pula.
- c. Mikroba yang ditumbuhkan harus dapat tumbuh pada medium padat dan membentuk koloni yang kompak dan jelas, tidak menyebar.
- d. Memerlukan persiapan dan waktu inkubasi beberapa hari sehingga pertumbuhan koloni dapat dihitung.
- e. Memerlukan inkubasi selama 24 jam sebelum koloni-koloni terbentuk pada permukaan agar.
- f. Menggunakan peralatan gelas yang lebih banyak untuk melakukan teknik ini serta prosedur yang lebih banyak dapat menimbulkan kesalahan penghitungan akibat kesalahan pada pengenceran.
- g. Prosedur yang lebih banyak dapat menimbulkan kesalahan penghitungan akibat kesalahan pada pengenceran atau pemindahan ke lempeng.

Metode hitung cawan dapat dibedakan atas dua cara, yaitu metode tuang (*pour plate*) dan metode permukaan (*surface/spread plate*).

a. Metode sebar (*spread plate*)

Metode ini biasanya digunakan untuk memisahkan mikroorganisme yang terkandung dalam volume sampel kecil, sehingga menghasilkan pembentukan koloni diskrit yang didistribusikan secara merata di seluruh permukaan. Selain itu, dapat mempermudah menghitung jumlah koloni yang tumbuh (Sanders, 2012).

b. Metode tuang (*pour plate*)

Metode ini sering digunakan untuk menghitung jumlah mikroorganisme dalam sampel campuran, yang ditambahkan ke media agar cair sebelum media memadat. Proses ini menghasilkan koloni yang tersebar merata di seluruh medium padat (Sanders, 2012).