

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Bakteri *Escherichia coli*

a. Deskripsi

Escherichia coli merupakan salah satu spesies bakteri yang terdapat dalam saluran cerna, bersifat Gram negatif dan anaerob fakultatif. *E. coli* termasuk dalam famili Enterobacteriaceae. Bakteri *Escherichia coli* dapat tumbuh dengan baik hampir di semua media pembenihan, berbentuk batang pendek, mempunyai flagel dan dapat meragi laktosa.

Beberapa jenis *Escherichia coli* dapat menjadi penyebab infeksi pada manusia, seperti infeksi saluran kemih, infeksi meningitis pada neonatus dan infeksi intestin (gastroenteritis). Infeksi tersebut sangat bergantung pada ekspresi faktor virulensi masing-masing serotipe *Escherichia coli*, termasuk adanya *adhesin*, *invasin*, jenis toksin yang diproduksi, dan kemampuan mengatasi pertahanan tubuh hospes (Radji, 2010).

b. Klasifikasi

Klasifikasi bakteri *Escherichia coli* menurut Jawetz, dkk. (2005) adalah sebagai berikut :

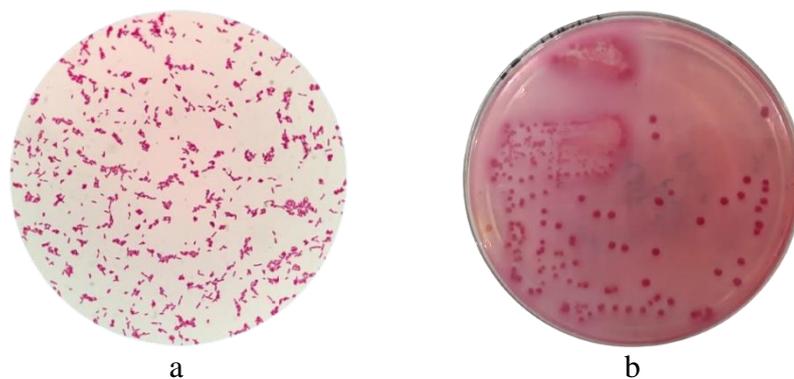
Kingdom : Prokaryotae

Divisi : Gracilicutes

Kelas : Scotobacteria
Ordo : Eubacteriales
Famili : Enterobacteriaceae
Genus : Escherichia
Spesies : *Escherichia coli*

c. Morfologi

Escherichia coli merupakan bakteri Gram negatif berbentuk basil (batang), ada yang berbentuk individu (monobasil), saling berpasangan (diplobasil) dan membentuk rantai pendek (streptobasil). *Escherichia coli* tidak memiliki kapsul dan tidak membentuk spora (Elfidasari, 2011). *Escherichia coli* memiliki panjang 2 μm , diameter 0,7 μm , lebar 0,4 – 0,7 μm . *Escherichia coli* membentuk koloni bulat, cembung dan lembut dengan tepi yang nyata (Jawetz, dkk., 2005). Gambaran morfologi bakteri *Escherichia coli* secara mikroskopis dan makroskopis ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi Bakteri *Escherichia coli* pada: a. Pewarnaan Gram b. Media *Mac Conkey Agar*.
Sumber: Wicaksono, 2016.

d. Patogenitas

Escherichia coli menjadi patogen jika jumlah bakteri ini dalam saluran pencernaan meningkat atau berada di luar usus (Jawetz, 2005). Bakteri *Escherichia coli* memiliki faktor virulensi berupa: 1) antigen permukaan: *E.coli* memiliki sedikitnya 2 tipe fimbria yaitu tipe manosa sensitif dan tipe manosa resisten untuk membantu pelekatan pada sel hospes, 2) enterotoksin: *E.coli* menghasilkan 2 jenis enterotoksin yaitu toksin termolabil (LT) yang dapat menyebabkan peningkatan permeabilitas sel epitel usus sehingga menyebabkan diare dan toksin termostabil (ST) yang dapat menyebabkan gangguan absorpsi klorida dan natrium, 3) hemolisin: merupakan protein yang bersifat toksik terhadap sel pada biakan jaringan. Serotipe *E.coli* hemolitik bersifat lebih patogen (Radji, 2010).

Radji (2010) menjelaskan berdasarkan sifat virulensinya *Escherichia coli* dikelompokkan menjadi *E. coli* yang menyebabkan infeksi intestin dan *E. coli* yang menyebabkan infeksi ekstraintestin.

1) *Escherichia coli* yang menyebabkan infeksi intestin

a) *Escherichia coli* enteropatogenik (EPEC)

Infeksi oleh EPEC merupakan penyebab utama diare pada bayi. Bakteri jenis ini mengakibatkan diare berair yang dapat disembuhkan dengan pemberian antibiotik.

b) *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC)

Jenis ini sering disebut sebagai penyebab diare wisatawan

karena menyebabkan diare pada anak dan wisatawan yang bepergian ke daerah dengan sanitasi buruk.

c) *Escherichia coli* enteroinvasif (EIEC)

Mekanisme infeksi EIEC mirip dengan infeksi yang disebabkan oleh *Shigella*. Gejala diare biasanya disertai dengan demam.

d) *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC)

Bakteri ini menghasilkan verotoksin yang dapat menyebabkan kolitis berdarah dan sindrom uremik hemolitik (gagal ginjal akut yang disertai anemia hemolitik mikroangiopatik dan trombositopenia).

e) *Escherichia coli* enteroagregatif (EAEC)

Jenis ini menjadi penyebab utama diare pada masyarakat negara berkembang. EAEC melekat pada sel manusia dan menyebabkan diare yang tidak berdarah, tidak menginvasi dan tidak menyebabkan inflamasi pada mukosa intestin.

2) *Escherichia coli* yang menyebabkan infeksi ekstraintestin

a) *Escherichia coli* uropatogenik (UPEC)

Bakteri jenis ini menjadi 90% penyebab infeksi saluran kandung kemih. Wanita memiliki saluran uretra yang lebih pendek sehingga mempunyai kemungkinan empat belas kali mengalami infeksi oleh UPEC.

b) *Escherichia coli* meningitis neonates (NMEC)

Jenis ini dapat menyebabkan meningitis pada bayi baru lahir. Mekanisme infeksi terjadi dengan bakteri masuk ke dalam pembuluh darah melalui nasofaring atau saluran gastrointestinal dan kemudian masuk ke dalam sel-sel otak.

e. Pemeriksaan laboratorium

Metode dan media isolasi serta identifikasi bakteri *Escherichia coli* dari bahan pemeriksaan klinik sesuai dengan pemeriksaan bakteri enterik lainnya. Deteksi sebagian besar serotype *Escherichia coli* patogen memerlukan metode khusus untuk mengidentifikasi toksin yang dihasilkan. Beberapa metode baru berdasarkan penetapan imunologis (*immunoassay test*) dan teknik hibridisasi DNA sudah banyak dikembangkan.

Identifikasi *Escherichia coli* berdasarkan uji biokimia yaitu menunjukkan hasil positif pada uji indol, kurang mampu memfermentasi sitrat, bersifat negatif pada analisis urease dan tidak membentuk H₂S (Rahayu, 2018). *Escherichia coli* mampu memfermentasi glukosa dan menghasilkan gas, selain itu juga mampu memfermentasi laktosa, manitol, maltosa dan sukrosa. Dalam agar darah *E.coli* dapat menyebabkan hemolisis. Pada media agar EMB menunjukkan morfologi khas yaitu warna kemilau “*metallic sheen*” (Jawetz, 2005).

2. Pembiakan dan pertumbuhan bakteri

a. Pembiakan

Umumnya bakteri hanya mengenal satu macam pembiakan saja, yaitu pembiakan secara aseksual atau vegetatif. pembiakan ini berlangsung cepat, jika faktor-faktor luar menguntungkan. Pelaksanaan pembiakan yaitu dengan pembelahan diri atau division. Pembelahan diri dapat dibagi atas 3 fase, yaitu:

- 1) Fase pertama, dimana sitoplasma terbelah oleh sekat yang tumbuh tegak lurus pada arah memanjang.
- 2) Sekat tersebut diikuti oleh suatu dinding melintang. Dinding melintang ini tidak selalu merupakan penyekat yang sempurna; ditengah-tengah sering ketinggalan suatu lubang kecil, dimana protoplasma kedua sel baru masih tetap berhubung-hubungan. Hubungan protoplasma ini disebut plasmodesmida.
- 3) Fase terakhir ialah terpisahnya kedua sel. Terdapat bakteri yang segera berpisah, yaitu yang satu terlepas sama sekali dari pada yang lain, setelah dinding melintang menyekat secara sempurna. Bakteri yang semacam ini merupakan koloni yang merata, jika dipelihara pada medium padat. Sebaliknya, bakteri-bakteri yang dindingnya lebih kokoh itu tetap bergandeng-gandengan setelah pembelahan. Bakteri macam ini merupakan koloni yang kasar permukaannya (Dwidjoseputro, 2005).

b. Pertumbuhan

Pertumbuhan bakteri bukan mengenai ukuran sel melainkan tentang pertambahan jumlah sel. Pertumbuhan bakteri merupakan

pertambahan jumlah bakteri dan berakumulasi sebagai koloni yang merupakan populasi yang terdiri atas miliaran sel. koloni bakteri dapat dilihat dengan mata telanjang tanpa bantuan mikroskop (Radji, 2010).

Pertumbuhan adalah peningkatan secara teratur jumlah semua komponen suatu organisme. Tidak dapat dikatakan sebagai suatu pertumbuhan jika terjadi peningkatan ukuran sel ketika sebuah sel memasukkan air atau menyimpan lipida atau polisakarida. Multiplikasi sel merupakan akibat dari pertumbuhan. Pada organisme uniseluler, pertumbuhan mengarah pada suatu peningkatan dalam jumlah individu-individu yang menghasilkan suatu populasi (Jawetz, dkk., 2005).

c. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan

Pertumbuhan dan kelangsungan hidup bakteri dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut harus dikontrol dengan baik agar bakteri dapat tumbuh dan berkembangbiak. Menurut Jawetz, dkk. (2005) sejumlah faktor tersebut antara lain adalah:

1) Nutrien

Medium pertumbuhan yang baik harus mengandung seluruh nutrien yang dibutuhkan oleh bakteri. Pada umumnya hal-hal berikut harus ada:

a) Karbon

Karbon merupakan kebutuhan paling penting bagi kelangsungan hidup mikroorganisme. Setidaknya diperlukan

sumber karbon sekitar 1 g/L untuk mencukupi kebutuhan mikroorganisme. Berdasarkan ketergantungannya terhadap karbon, mikroorganisme dibagi menjadi dua, yaitu autotrof dan heterotrof. Autotrof menggunakan karbon anorganik berupa CO₂ sedangkan heterotrof menggunakan sumber energi organik terutama glukosa (Cappuccino dan Sherman, 2013).

b) Nitrogen

Nitrogen dibutuhkan sekitar 1 g/L untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Nitrogen merupakan atom yang penting sebagai penyusun protein dan asam nukleat. Protein berperan sebagai molekul struktural dan sebagai molekul fungsional, enzim-enzim, yang bertanggungjawab atas aktivitas metabolik sel. Asam nukleat meliputi DNA dan RNA dalam sintesis protein di dalam sel.

c) Unsur non-logam

Ion-ion non-logam utama yang diperlukan mikroorganisme untuk tumbuh yaitu sulfur dan fosfor. Mikroorganisme membutuhkan sulfur dan fosfor masing-masing sekitar 50 mg/L. Sulfur merupakan bagian integral beberapa asam amino sedangkan fosfat diperlukan dalam pembentukan asam nukleat DNA dan RNA serta untuk sintesis adenosin trifosfat (ATP).

d) Unsur logam

Beberapa unsur logam dibutuhkan agar aktivitas seluler mikroorganisme berjalan efisien diantaranya, yaitu Ca^{++} , Zn^{++} , Na^+ , K^+ , Cu^{++} , Mn^{++} , Mg^{++} dan $\text{Fe}^{+2,+3}$. Unsur logam dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit masing-masing sekitar 0,1-1 mg/L.

e) Vitamin

Vitamin dibutuhkan dalam jumlah sedikit sekitar 0,1-1 mg/L. Vitamin berperan sebagai koenzim yang diperlukan untuk pembentukan sistem enzim aktif.

f) Air

Air berperan dalam reaksi metabolik dalam sel dan merupakan sel pengangkut zat-zat gizi atau bahan limbah ke dalam dan ke luar sel (Buckle dkk., 2007).

g) Energi

Energi diperlukan untuk mendukung aktivitas metabolik seluler seperti transport aktif, biosintesis dan biodegradasi. Mikroorganisme fototrof menggunakan energi radiasi sebagai sumber energi sedangkan mikroorganisme kemotrof menggunakan oksidasi senyawa kimia (Cappuccino dan Sherman, 2013).

2) Konsentrasi ion hidrogen (pH)

Sebagian besar bakteri memiliki kisaran pH optimal yang sempit. Umumnya bakteri tumbuh dengan baik pada kisaran pH

6,8-8,0. Untuk bakteri asidofilik memiliki pH optimal 3,0 dan bakteri alkalofilik memiliki pH optimal yaitu 10,5.

3) Temperatur

Temperatur sangat mempengaruhi aktifitas enzim-enzim seluler. Bakteri dapat hidup pada rentang suhu -5°C hingga 80°C , namun setiap spesies memiliki sensitivitas panas yang berbeda untuk aktivitas enzim-enzimnya sehingga membutuhkan suhu optimal yang lebih sempit rentangnya (Cappuccino dan Sherman, 2013). Bakteri psikrofil memiliki suhu optimum 15°C - 20°C , bakteri mesofil tumbuh dengan baik pada suhu 30°C - 37°C dan bakteri termofil tumbuh optimal pada suhu 50°C - 60°C (Jawets, dkk., 2005).

4) Aerasi

Menurut Cappuccino dan Sherman (2013) setiap bakteri memiliki kecenderungan berbeda terhadap penggunaan oksigen dalam pertumbuhannya. Berdasarkan hal tersebut, bakteri diklasifikasikan dalam 5 kelompok yaitu:

a) Aerob

Bakteri ini membutuhkan oksigen sebagai akseptor hidrogen pada proses fosforilasi oksidatif.

b) Mikroaerofil

Bakteri ini membutuhkan jumlah oksigen yang terbatas untuk pertumbuhannya, jika jumlah oksigen berlebih dapat

mengakibatkan kematian pada bakteri.

c) Anaerob obligat

Bakteri ini tidak memerlukan oksigen bebas untuk tumbuh karena sistem enzim oksidatifnya membutuhkan adanya molekul molekul selain O_2 untuk bekerja sebagai akseptor hidrogen akhir.

d) Anaerob aerotoleran

Bakteri ini tidak memerlukan oksigen untuk tumbuh, namun keberadaan oksigen juga tidak menyebabkan bakteri jenis ini mati.

e) Anaerob fakultatif

Bakteri ini cenderung menggunakan oksigen untuk respirasi aerob. Namun jika kondisi lingkungan kekurangan oksigen, maka respirasi seluler akan berlangsung secara anerob.

5) Tekanan ionik dan tekanan osmotik

Umumnya bakteri mampu mentoleransi kisaran tekanan osmotik dan kekuatan ionik eksternal yang besar. Namun untuk bakteri tertentu yang membutuhkan konsentrasi garam dan tekanan osmotik tinggi, faktor ini harus diperhatikan.

d. Kurva pertumbuhan

Kurva pertumbuhan menggambarkan tahap-tahap siklus pertumbuhan bakteri. Kurva ini terbentuk dengan memplot

peningkatan jumlah sel terhadap waktu inkubasi. Menurut Cappuccino dan Sherman (2013), tahap-tahap kurva pertumbuhan yang umum yaitu:

1) Fase Lag

Pada tahap awal fase ini sel sedang beradaptasi terhadap lingkungan barunya sehingga kehilangan metabolisme dan enzim sebagai akibat kondisi yang tidak memungkinkan. Selanjutnya saat sudah dapat menyesuaikan diri, sel mempercepat metabolisme sehingga terjadi peningkatan ukuran sel namun tidak terjadi pembelahan sel sehingga jumlah sel tetap.

2) Fase logaritmik (log)

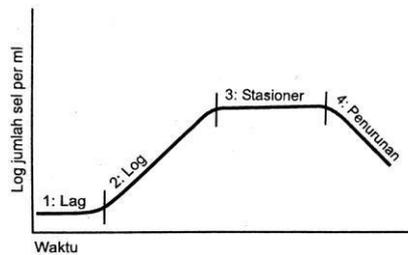
Pada tahap ini sel mulai melakukan pembelahan biner sehingga terjadi peningkatan eksponensial yang cepat pada jumlah sel bakteri. Panjang fase log bervariasi bergantung pada organisme dan komposisi media. Umumnya fase log berlangsung sekitar 6-12 jam.

3) Fase stasioner

Selama tahap ini tidak terjadi peningkatan jumlah sel diakibatkan oleh jumlah pembelahan sel sama dengan jumlah sel yang mati. Hal ini diakibatkan oleh sumber nutrisi yang sudah mulai berkurang dan akumulasi produk akhir yang bersifat toksik di dalam media.

4) Fase penurunan atau kematian

Pada fase ini laju kematian bakteri sangat cepat karena terjadi penurunan nutrisi berkelanjutan dan bertambahnya buangan metabolik. Kurva pertumbuhan bakteri ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Bakteri
Sumber : Cappuccino dan Sherman, 2013.

e. Teknik menumbuhkan bakteri

Untuk mempelajari sifat-sifat biakan bakteri, morfologi dan karakteristik biokimia, sangat penting menggunakan biakan murni yang bebas dari semua tipe organisme lain. Teknik-teknik yang dapat digunakan untuk mengurangi populasi bakteri adalah sebagai berikut:

1) Teknik lempeng gores

Teknik ini dilakukan dengan meyebarakan satu ose penuh biakan ke seluruh permukaan agar lempeng dengan cara digores. Terdapat banyak cara dalam melakukan teknik ini, salah satunya dengan membagi lempeng agar ke dalam empat kuadran.

2) Teknik lempeng sebar

Pada teknik ini diperlukan batang steril berbentuk L untuk menyebarkan sel-sel pada permukaan media agar padat sembari memutar cawan petri di atas meja.

3) Teknik lempeng tuang

Pada teknik ini perlu dilakukan pengenceran biakan secara berseri. Kemudian inokulum yang telah diencerkan dituangkan pada media agar cair di dalam cawan petri, dicampur dan biarkan memadat (Cappuccino dan Sherman, 2013).

f. Teknik pengukuran pertumbuhan

Menurut Radji (2010), perhitungan jumlah sel dan pengukuran massa total populasi dapat menjadi tolak ukur pertumbuhan bakteri. Terdapat beberapa cara perhitungan antara lain:

1) Lempeng hitung

Cara perhitungan dengan lempeng hitung dilakukan dengan menghitung jumlah koloni setelah masa inkubasi 24 jam. Pada teknik ini penting dilakukan pengenceran berseri agar dipastikan inokulum yang dibiakkan dalam jumlah terbatas sekitar 25-250 koloni.

2) Pengenceran berseri

Pengenceran berseri dilakukan dengan mengambil 1 ml biakan bakteri kemudian dituangkan ke dalam 9 ml air steril secara terus menerus hingga didapatkan jumlah sel bakteri yang dapat dihitung secara akurat.

3) Filtrasi atau penyaringan

Teknik ini umumnya digunakan untuk menghitung bakteri koliform dalam jumlah yang lebih kecil. Cara perhitungan

dilakukan dengan memfiltrasi minimal sebanyak 100 ml larutan menggunakan membran tipis berpori, kemudian bakteri yang tertinggal pada membran dipindahkan ke media agar *plate* lalu diinkubasi.

4) Nilai duga terdekat

Teknik nilai duga terdekat (*most probable number*) merupakan perhitungan statistik yang didasarkan pada fakta bahwa semakin besar jumlah bakteri maka semakin besar pengenceran yang dibutuhkan untuk mengurangi densitas sampai titik ketika tidak ada bakteri yang tumbuh. Angka yang ditunjukkan dengan teknik ini kemungkinan besar merupakan gambaran 95% dari jumlah populasi bakteri.

5) Perhitungan langsung secara mikroskopis

Cara perhitungan ini memerlukan kaca objek berskala atau memiliki 25 kotak persegi untuk memudahkan perhitungan. Suspensi bakteri yang telah diukur volumenya ditempatkan pada area kaca objek kemudian ditetaskan zat warna untuk mewarnai bakteri.

6) Metode tidak langsung

Jumlah aktivitas mikroorganisme dapat dibaca secara tidak langsung, antara lain berdasarkan kekeruhan, aktivitas metabolik dan bobot kering.

3. Media Pertumbuhan

a. Deskripsi

Media pertumbuhan merupakan suatu substrat yang berisi nutrisi sehingga dapat digunakan untuk menumbuhkan bakteri dalam skala laboratorium. Media pertumbuhan dirancang untuk tidak memungkinkan mikroba lain seperti fungi untuk tumbuh sehingga dapat diperoleh spesies bakteri yang diinginkan (Boleng, 2015).

Media pertumbuhan selain dapat digunakan untuk menumbuhkan bakteri juga dapat digunakan untuk isolasi, pengujian sifat-sifat fisiologis dan perhitungan jumlah bakteri. (Khaeruni dan Satrah, 2014).

b. Syarat media pertumbuhan

Radji (2010) menjelaskan agar bakteri dapat tumbuh dengan baik, media pertumbuhan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Media mengandung nutrisi yang tepat untuk bakteri spesifik yang dibiakkan.
- 2) Media memiliki kelembapan yang cukup, tekanan osmotik dan pH yang sesuai serta memiliki suhu inkubasi yang sesuai.
- 3) Media pertumbuhan juga harus dalam keadaan steril dan tidak mengandung mikroorganisme lain.

c. Macam-macam media

Jenis-jenis media pertumbuhan bakteri antara lain:

- 1) Media pertumbuhan bakteri berdasarkan fungsinya

a) Media kompleks

Media kompleks merupakan media pembenihan yang rutin digunakan di laboratorium. Media kompleks yang berbentuk cair disebut *nutrient broth* sedangkan yang berbentuk padat disebut *nutrient agar*. Media ini mengandung nutrisi tinggi yang terdiri atas ekstrak ragi, ekstrak daging atau tumbuhan ataupun protein sederhana dari sumber lain (Radji, 2010).

b) Media selektif

Media selektif digunakan untuk mengisolasi kelompok bakteri spesifik. Media ini mengandung zat-zat yang dapat menumbuhkan jenis bakteri tertentu dan menghambat pertumbuhan jenis bakteri lainnya. Contoh media selektif seperti agar feniletil alkohol untuk isolasi bakteri Gram positif dan menghambat bakteri Gram negatif dan agar NaCl 7,5% untuk isolasi bakteri halofilik dan menghambat bakteri jenis lain (Cappuccino dan Sherman, 2013).

c) Media diferensial

Media diferensial digunakan untuk membedakan bakteri secara morfologis dan biokimia. Setelah proses inokulasi dan inkubasi, zat kimia yang terkandung dalam media ini dapat menghasilkan perubahan karakteristik pada tampilan pertumbuhan bakteri atau pada media di sekeliling koloni.

Contoh media difensial yaitu agar garam manitol dan agar *Mac Conkey*.

d) Media diperkaya

Media yang diperkaya adalah media yang sudah diberi tambahan bahan yang memiliki nutrisi tinggi seperti darah, serum atau ekstrak khamir.

2) Media pertumbuhan bakteri berdasarkan bahan yang digunakan menurut Cappuccino dan Sherman (2013).

1) Media Sintetik

Media sintetik terdiri dari beberapa senyawa organik dan anorganik spesifik yang murni secara kimia. Kaldu sintetik anorganik dan kaldu garam-garam glukosa adalah contoh media yang ditetapkan secara kimia.

2) Media Non-sintetik

Komposisi kimia media ini tidak diketahui secara pasti. Media non-sintetik menggunakan bahan yang terdapat di alam dengan kandungan kimiawi yang bervariasi seperti asam amino, gula, vitamin dan mineral.

4. Media *Nutrient Agar*

a. Deskripsi

Media *Nutrient Agar* (NA) merupakan media kompleks yang umumnya digunakan untuk kultivasi bakteri secara rutin dan isolasi kultur murni (Atlas, 2010). Media NA berbentuk serbuk berwarna

putih kekuningan dan apabila setelah digunakan akan berbentuk padat dengan penambahan agar (Thohari, dkk. 2019).

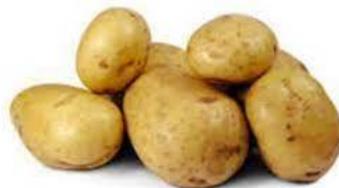
b. Komposisi *Nutrient Agar*

Komposisi yang terpenting dalam media ini adalah karbohidrat dan protein yang terdapat pada ekstrak daging dan pepton sesuai dengan kebutuhan sebagian besar bakteri. Media *Nutrient Agar* (NA) dengan merek Merck terdiri dari 5,0 gram pepton, 3,0 gram ekstrak daging sapi dan 12 gram agar dalam 1000 ml air suling.

5. Kentang

a. Deskripsi

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu jenis umbi-umbian yang berbentuk bulat lonjong, kulit berwarna coklat muda, daging umbi berwarna kuning, permukaan umbi rata dan halus. Kentang merupakan tanaman pangan utama keempat dunia setelah padi, gandum dan jagung karena kandungan karbohidrat yang tinggi. Umbi kentang rentan mengalami kerusakan karena kandungan airnya yang tinggi yaitu sekitar 78% (Pujimulyani, 2009). Umbi kentang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Umbi Kentang
Sumber : Sunarjono, 2007.

b. Klasifikasi

Menurut Pitojo (2008), dalam taksonomi tumbuh-tumbuhan, kentang dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Tubiflorae
Famili : Solanaceae
Genus : Solanum
Spesies : *Solanum tuberosum* L.

c. Kandungan

Zat gizi yang terdapat dalam kentang antara lain karbohidrat, mineral (besi, fosfor, magnesium, natrium, kalsium, dan kalium), protein, serta vitamin terutama vitamin C dan B1. Selain itu, kentang juga mengandung lemak dalam jumlah yang relatif kecil, yaitu 1,0 – 1,5% (Samadi, 2007). Komposisi kimia dipengaruhi oleh varietas, tipe tanah, cara budidaya, cara pemanenan, tingkat kemasakan dan kondisi penyimpanan (Sunarjono, 2007). Kandungan gizi kentang tiap 100 gram ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi Kentang per 100 gram

Kandungan Gizi	Jumlah
Energi	83,00 kal
Protein	2,00 g
Lemak	0,10 g
Karbohidrat	19,10 g
Kalsium	11,00 mg
Fosfor	56,00 mg
Serat	0,30 g
Besi	0,70 mg
Vitamin B1	0,09 mg
Vitamin B2	0,03 mg
Vitamin C	16,00 mg
Niasin	1,40 mg

Sumber: Direktorat Pengolahan dan Pemasaran Hasil Hortikultura, 2004.

6. Kedelai

a. Deskripsi

Kedelai memiliki nama latin *Glycine max* (L.) Merrill merupakan tanaman semusim dengan komponen utama yaitu: akar, daun, batang, bunga, polong dan biji. Biji tanaman kedelai memiliki bentuk, ukuran dan warna yang sangat bervariasi tergantung dengan varietasnya. Bentuk biji bulat lonjong, bulat dan bulat agak pipih. Warna biji berwarna putih, kuning, hijau, coklat hingga berwarna kehitaman (Hidayat, 2000).

b. Klasifikasi

Menurut Suprpto (2002), kedudukan tanaman kedelai dalam taksonomi diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae
 Ordo : Rosales
 Famili : Leguminoceae
 Genus : Glicine
 Spesies : *Glycine max* (L.) Merril

c. Kandungan

Kedelai merupakan sumber protein, lemak serta sebagai sumber vitamin A, E, K beberapa jenis vitamin B dan mineral K, Fe, Zn dan P. Kadar protein kacang-kacangan berkisar antara 20-25%, sedangkan pada kedelai mencapai 40% (Winarsi, 2010). Kandungan gizi kedelai tiap 100 gram ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Gizi Kedelai per 100 gram

Kandungan Gizi	Jumlah
Kalori	331,00 kal
Protein	34,90 g
Lemak	18,10 g
Karbohidrat	34,80 g
Kalsium	227 mg
Fosfor	585 mg
Besi	8,0 mg
Vitamin A	110 SI
Vitamin B1	1,1 mg
Air	7,5 g

Sumber: Rukmana dan Yuniarsih, 2007.

7. Ekstrak Ragi

Ekstrak ragi merupakan hasil penguraian sel ragi. Ekstrak ragi mengandung komponen yang larut dalam air dari sel ragi. Komposisi utama ekstrak ragi yaitu asam amino, peptide, karbohidrat, garam, nitrogen dan vitamin. (Milic, dkk., 2007). Ekstrak ragi merupakan sumber

nitrogen utama yang digunakan untuk produksi asam laktat karena memiliki peptida yang tinggi dan vitamin B kompleks (Altaf, dkk. 2005). Ekstrak ragi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ekstrak Ragi
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022.

Ekstrak ragi dihasilkan dengan memecah sel menggunakan enzim endogen atau eksogen yaitu melalui autolisis, hidrolisis dan plasmolisis (Milic, dkk., 2007). Ekstrak ragi umumnya digunakan dalam industri makanan sebagai agen penyedap rasa. Selain itu juga digunakan sebagai bahan kosmetik dan nutrisi tanaman. Aplikasi lain dari ekstrak ragi yaitu sebagai sumber nutrisi dalam media mikrobiologi (Saksinchai, dkk., 2001).

Ekstrak ragi digunakan sebagai suplemen dalam medium mikrobiologi karena mengandung asam-asam amino, peptida dan vitamin yang sangat bermanfaat bagi pertumbuhan. Ekstrak ragi sebagai sumber nitrogen berperan dalam proses fisiologis karena nitrogen merupakan komponen protein, asam nukleat dan substansi penting lainnya yang menunjang pertumbuhan mikroba (Widiastoety dan Kartikaningrum, 2003). Ekstrak ragi dapat diperoleh di toko bahan kimia dalam kemasan

500 gram. Sifat fisik dan kimia dari ekstrak ragi merk Merck ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat Fisik dan Kimia Ekstrak Ragi

Sifat Fisik dan Kimia	Keterangan
Bentuk	Padat
Warna	Coklat kelabu
pH	7,0
Desitas	0,5 g/cm ³ pada 20°C
Kelarutan dalam air	410 g/L pada 20°C
Sifat oksidator	Tidak bersifat oksidator

Sumber : Merck, 2019.

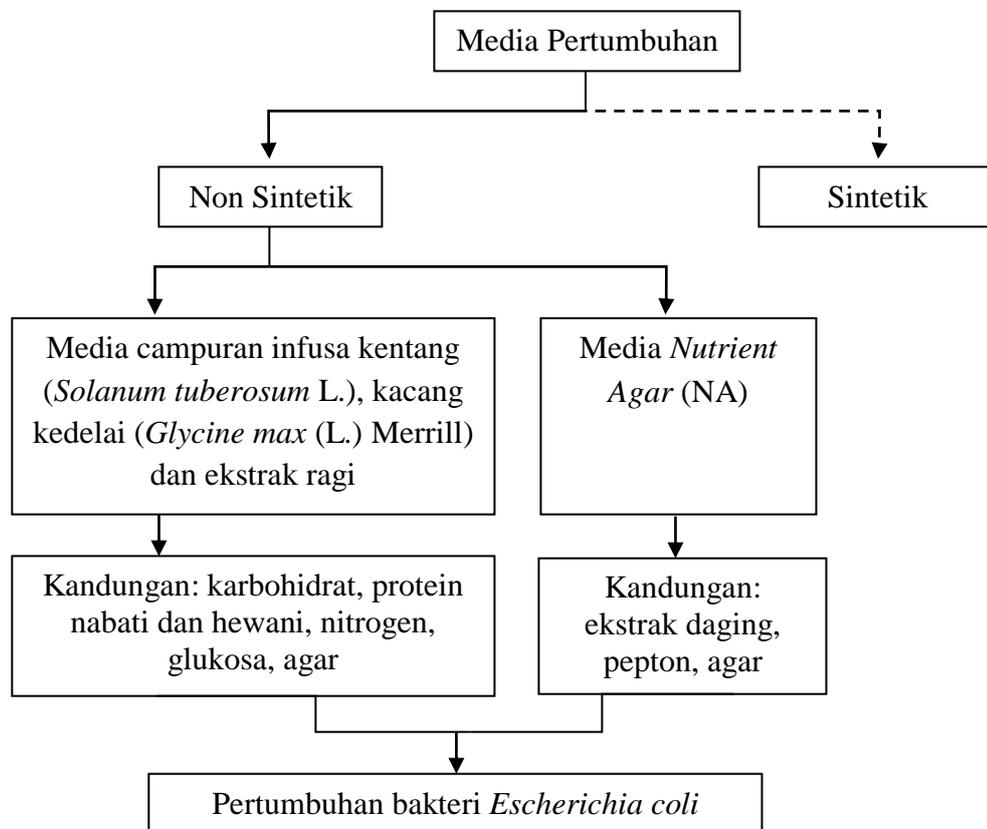
8. Infusa

Infusa merupakan salah satu metode ekstraksi yang bertujuan untuk menarik kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut menggunakan pelaut polar yaitu air. Senyawa yang memiliki kepolaran yang sama akan lebih mudah tertarik atau terlarut dengan pelarut yang memiliki tingkat kepolaran yang sama (Hanuraga dkk., 2013).

Infusa dibuat dengan mengekstraksi simplisia nabati dengan air pada suhu 90°C selama 15 menit (Anief, 2007). Pembuatan dengan cara pemanasan simplisia di atas pemanas air selama 15 menit terhitung mulai suhu mencapai 90°C sambil sesekali diaduk. Setelah itu diangkat dan dilakukan penyarian dalam keadaan panas (Mulyana dkk., 2013).

B. Kerangka Teori

Kerangka teori penelitian ini ditunjukkan melalui kerangka teori pada Gambar 5.



Keterangan:

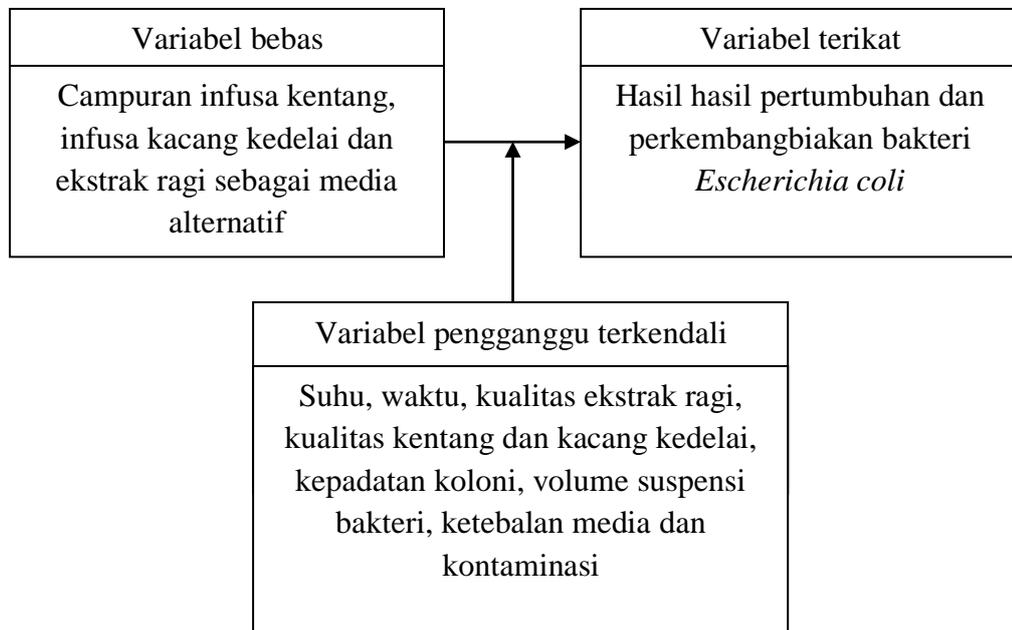
————> diteliti

-----> tidak diteliti

Gambar 5. Kerangka Teori
Sumber: Cappuccino dan Sherman, 2013.

C. Hubungan Antar Variabel

Hubungan antar variabel penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Antar Variabel

D. Hipotesis

Campuran infusa kentang (*Solanum tuberosum* L.), infusa kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dan ekstrak ragi efektif digunakan sebagai media alternatif pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*.