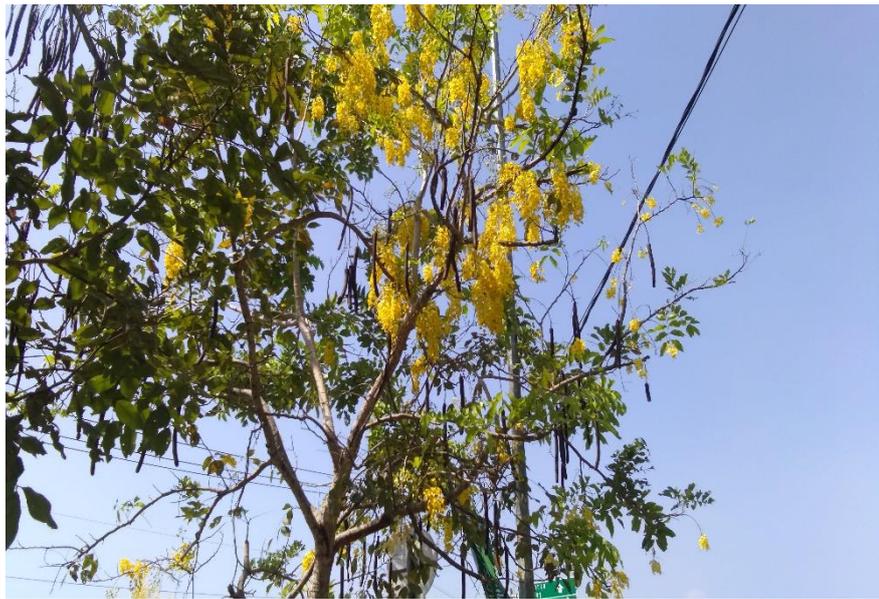


BAB II KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Pohon Trengguli (*Cassia fistula L.*)



*Gambar 2.1 Pohon Trengguli (*Cassia fistula L.*)*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pohon trengguli (*Cassia fistula L.*) merupakan pohon yang ada di India yang kemudian menyebar ke daerah-daerah lainnya. Di daerah Jawa juga tumbuh banyak pada ketinggian daerah sekitar 400 m di atas permukaan laut. Jika pohon trengguli tumbuh pada tempat di atas ketinggian lebih dari 400 m pertumbuhannya kurang baik dan tidak mau berbunga. Pohon trengguli dapat memperbanyak diri secara alami dengan penyebaran biji, dan dapat diperbanyak juga secara bantuan melalui stek batang yang bisa tanam sebagai tanaman hias (Wijayakusuma, 2000, hlm. 176).

1. Deskripsi Pohon Trengguli

Pohon trengguli merupakan tumbuhan yang tumbuh bengkok dengan ketinggian 15 sampai 20 m dan besar batang 60 sampai 70 cm, ditemukan di daerah dataran rendah, terutama di Jawa ditemukan di hutan Jati (Heyne, 1987, hlm. 918,).

Batang pohon trengguli berkayu yang berbentuk bulat, bercabang, serta berwarna hijau kecoklatan. Daunnya majemuk menyirip genap serta memiliki 3 anak daun sampai 8 pasang, berbentuk bulat seperti telur yang pada ujung dan pangkalnya membulat, pada bagian tepinya rata, panjang 6 sampai 20 cm, serta berwarna hijau. Bagian bunga yang dimilikinya majemuk membentuk perbungaan yang memanjang, muncul disekitar ketiak daun dengan panjang 15 sampai 40 cm, kelopaknya bertaju lima dan berwarna hijau, memiliki daun pelindung kecil yang cepat rontok, panjang mahkota bunganya 2 sampai 3,5 cm berwarna kuning serta harum baunya. Pohon trengguli memiliki buah polong yang berbentuk bulat memanjang sampai 45 cm, menggantung, dan berwarna cokelat. Buahnya berbentuk bulat, mengembung, berwarna cokelat, namun ketika masih muda buah berwarna putih, berisi 40 sampai 400 biji. (Agromedia, 2008, hlm. 249, Wijayakusuma, 2000, hlm. 176).

Nama daerah pohon ini antara lain: *Indische goudenregen*, *Caneficier*, *Rohrenkassie*, *Indian laburnum*, *Pudding pipe tree* – Aceh: *Bak biraktha* – Ind.: *Babuni daun besar* (Timor), *Biraksa*, *Kayu raja* – Day.: *Tilai* (Ngaju) – Sund.: *Bobondelan*, “*Bubundelan*”, “*Bumbungdelan*”, “*Bondel tanggoli*”, “*Trangguli*” – Jaw.: “*Keyok*”, *Klohur* (Timur), “*Klohor*”, “*Peyok*”, “*Piyok*”, “*Tangguli*”, “*Tengguli*”, “*Trengguli*” – Mad.: *Kalobur*, *Klobor* - Bal.: *Tangguli* – Sumba: *Kunjur* (Timur), *Ketoka* (Laura) – Flores. *Klowang* (Larentuka) – Alor: *Kikili*, *Ladau* – Sangi: *Limbalo* – Mak.: *Kayu raja* – Bung.: *Pong raja* – Roti: *Bubuni sela* – Timor: *Nain-nain* (Samau) – Kai: *Ait nil* – Alf.Amb.: *Papua pauno* (Heyne, 1987, hlm. 918).

Nama asing pohon trengguli diantaranya: “Raja-pruk (Th)”, “Kasia sena”, “Bereksa (M)”, “Indische goudenregen”, “Trommelstokkenboom (B)”, “Puding pipe tree”, “Indian laburnum”, “Golden shower (I)”, Canefisier, “Rohren kassie”, “Cana fistula (S)”, “Fistula (F)”, “Whang chin yi (T)” (Wijayakusuma, 2000, hlm. 175).

2. Klasifikasi Tumbuhan Trengguli

Klasifikasi *Cassia fistula* L (Rusdiyanti, 2019, hlm. 4):

Kingdom	: Planteae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Caesalpinaceae
Genus	: <i>Cassia</i>
Spesies	: <i>Cassia fistula</i> L.

3. Kandungan Senyawa Kimia / Metabolit Sekunder dan Manfaat Tumbuhan Trengguli

Kandungan senyawa kimia yang ada pada kulit batang trengguli yaitu alkaloid, flavonoid, polifenol, monoterpenoid dan seskuiterpenoid, steroid dan triterpenoid, serta kuinon (Daus, 2019, hlm. 23).

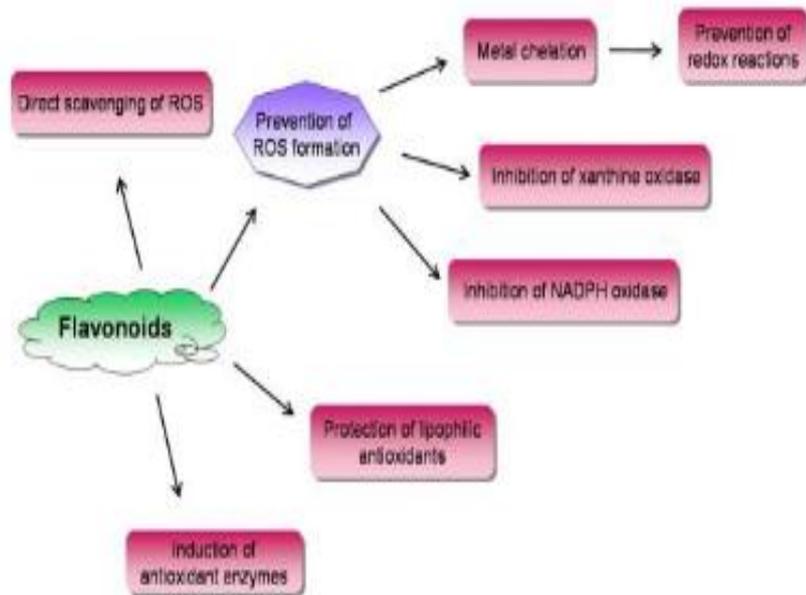
Flavonoid adalah senyawa alami yang banyak ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan, mengkonsumsi makanan yang mengandung flavonoid dapat mengobati berbagai penyakit seperti kanker (antikanker), bakteri patogen (antibakteri), radang, disfungsi kardiovaskular, antimikroba, dan antioksidan yang dapat mencegah luka akibat radikal bebas (Arifin B, Ibrahim S, 2018; Shinta, Nailly, Bambang, 2018).

Selain itu, pohon trengguli bisa dipergunakan sebagai tanaman hias sebab memiliki bentuk tajuk dan bunga yang indah (Wijayakusuma, 2000, hlm. 176).

B. Bioaktivitas Flavonoid

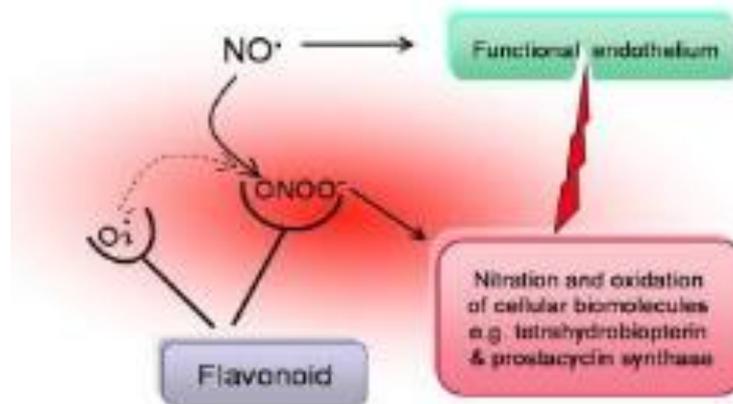
Menurut Akhlagi (dalam Parwata, 2017, hal. 15-24) Flavonoid memiliki beberapa bioaktivitas sebagai antioksidan, antara lain:

1. Memberi efek antioksidan dengan mencegah generasi ROS (*Reactive Oxygen Species*), kemudian langsung menangkap ROS sehingga terjadi peningkatan enzim.



Gambar 2.2 Mekanisme pengaruh Flavonoid terhadap ROS
(Parwata, 2017)

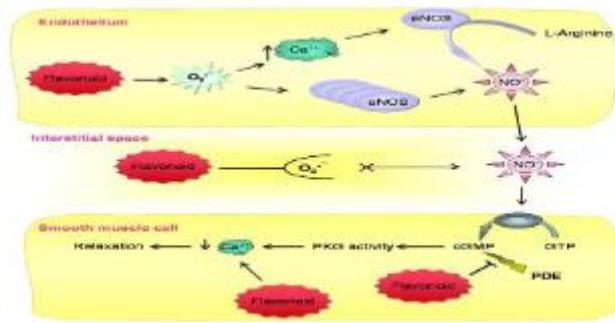
2. Flavonoid mampu secara langsung menangkap superoksida sehingga dapat menaikkan bioavailabilitas NO serta mengganggu pembentukan peroxynitrite. Selain itu, Flavonoid pula mampu menangkap peroxynitrite yang bisa mengganggu vacorelaxation endotelium dan mengganggu endotelium, ini menyebabkan sirkulasi darah dalam arteri koroner lebih baik.



Gambar 2.3 Pengaruh Flavonoid terhadap Radikal NO

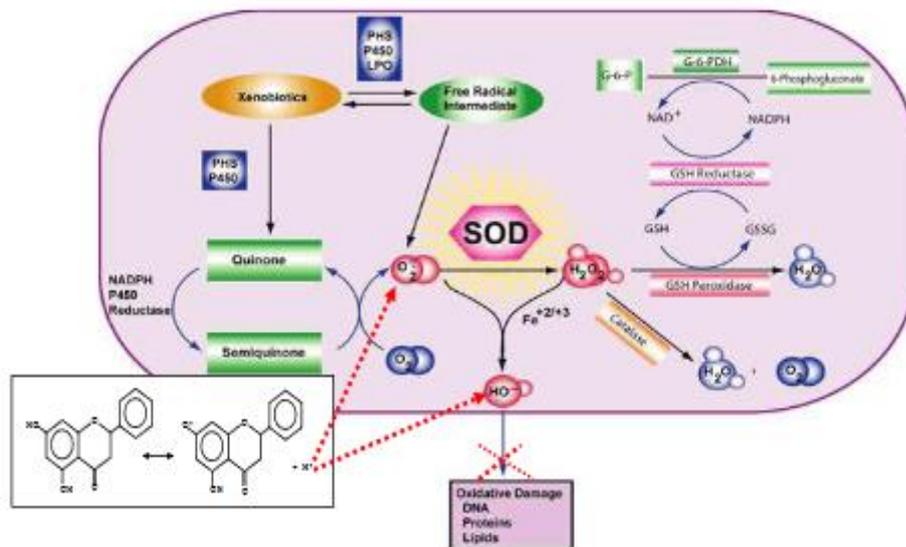
(Sumber: Parwata, 2017)

3. Efek flavonoid di endothelium tergantung vasorelaxation. Pengaruh ringan Flavonoid pada O_2^{\bullet} mungkin bertanggung jawab pada induksi eNOS serta peningkatan ringan sitosolik Ca^{2+} sebagai kofaktor untuk aktivasi eNOS. Selain itu, melalui penangkapan superoksida dalam cairan interstisial, flavonoid melindungi $^{\bullet}NO$. Kemungkinan mekanisme lain vasorelaxation flavonoid adalah penghambatan phosphodiesterases (PDE) dan menurunkan Ca^{2+} dalam sel otot polos.



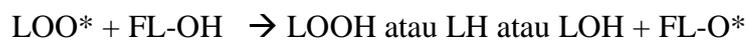
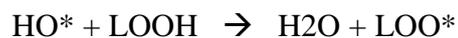
Gambar 2.4 Pengaruh Flavonoid pada superoksida
(Sumber: Parwata, 2017)

4. Flavonoid mampu mengganggu kerusakan DNA yang ditimbulkan oleh reaksi HO* menggunakan basa nitrogen dalam DNA, serta merangsang pembentukan antioksidan enzimatik yang mirip SOD, katalase dan GPx.

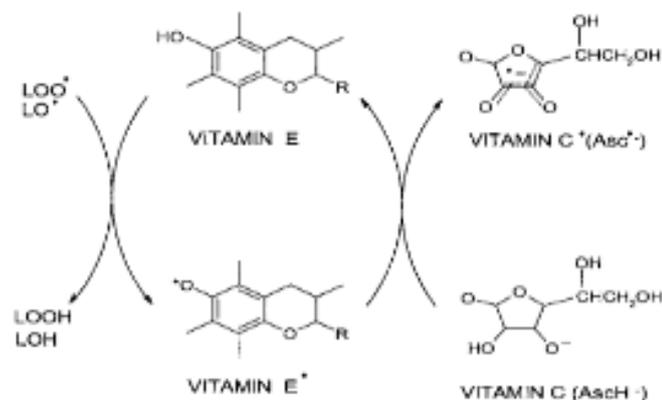


Gambar 2.5 Mekanisme kerja flavonoid dalam menangkap ROS
(Sumber: Parwata, 2017)

5. Flavonoid, Vitamin C dan Vitamin E yang diperoleh dari alam melalui isolasi dapat melindungi membran fosfolipid FUPA dengan cara memberikan salah satu ion Hidrogennya (H^+) pada peroksil lipid radikal (LOO^*). LOO^* adalah hasil reaksi HO^* dalam proses peroksidasi lipid, yaitu reaksi HO^* yang menyerang PUFA (*Poly Unsaturated Fatty Acid* / asam lemak tak jenuh jamak rantai panjang). Pemberian H^* oleh suatu antioksidan dapat menghentikan reaksi-reaksi radikal selanjutnya, seperti reaksi-reaksi berikut:

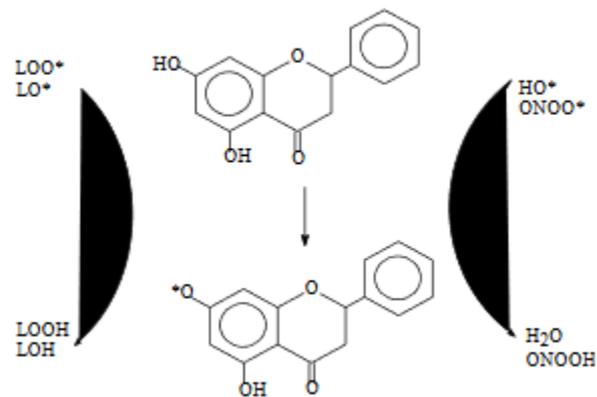


$FL-OH$ = flavonoid dan $FL-O^*$ = radikal flavonoid yang kurang reaktif.



Gambar 2.6 Mekanisme Peran Vit. E dan Vit. C dalam melindungi lipida

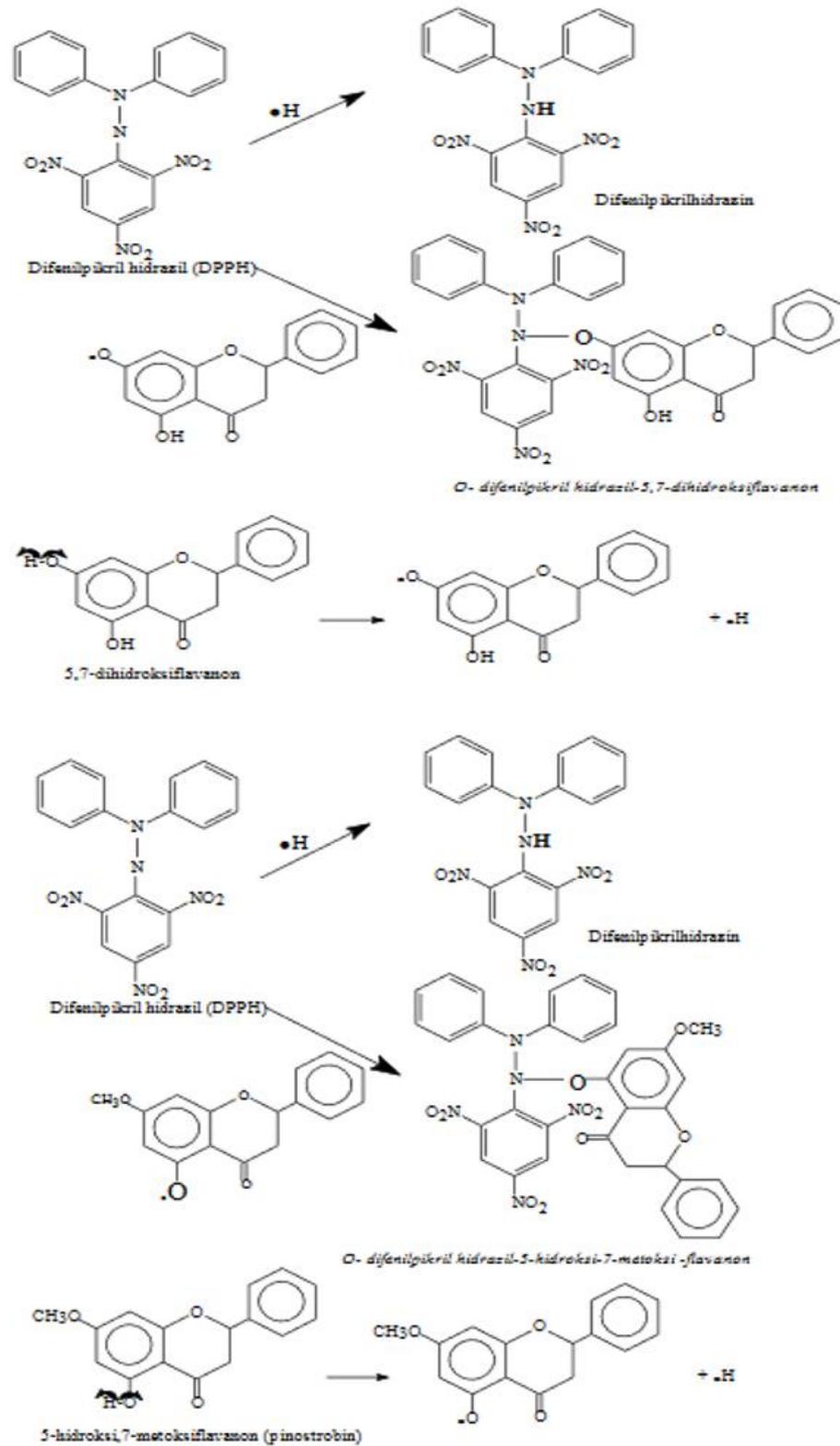
(Sumber: Parwata, 2017)



Gambar 2.7 Gambar Mekanisme Flavonoid dalam melindungi reaksi ROS

(Sumber: Parwata, 2017)

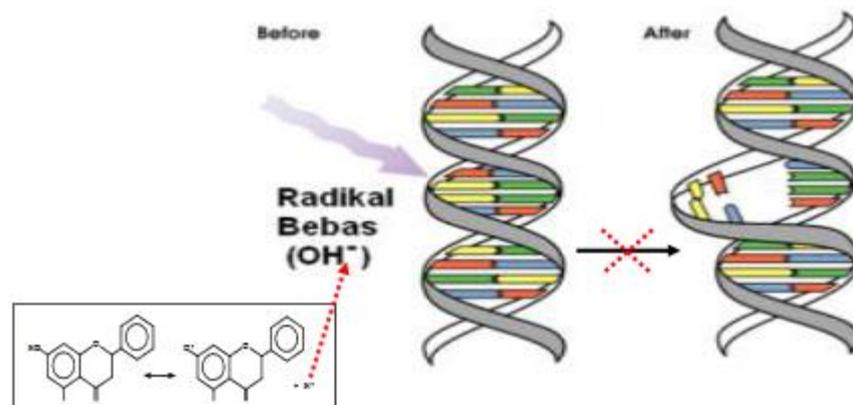
6. Reaksi flavonoid yang terbukti merupakan radikal bebas yaitu pinocembrin (5,7-dihidroksiflavanon) dan pinostrobin (5-hidroksi-7-metoksiflavanon) yang diekstraksi pada rimpang temu kunci (*Kaempferia pandurata* Roxb). Reaksi ini dipergunakan dalam mengukur kapasitas antioksidan suatu flavonoid hasil isolasi dengan DPPH (radikal bebas yang stabil)



Gambar 2.8 Mekanisme reaksi Flavonoid dengan DPPH

(Sumber: Parwata, 2017)

Reaksi-reaksi di atas dapat dikatakan bahwa flavonoid dapat melindungi tubuh kita dari reaksi-reaksi lanjutan dari ROS dan RNS dengan menangkap ROS, memblokir reaksi propagasi dan merangsang terbentuknya antioksidan endogen seperti GPx, SOD dan Katalase serta menurunkan kadar MDA karena tidak terjadinya peroksidasi lemak (PUFA) dan menurunkan kadar 8-OHdG karena HO* yang biasanya masuk bereaksi ke dalam DNA sudah ditangkap oleh flavonoid seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut ini :

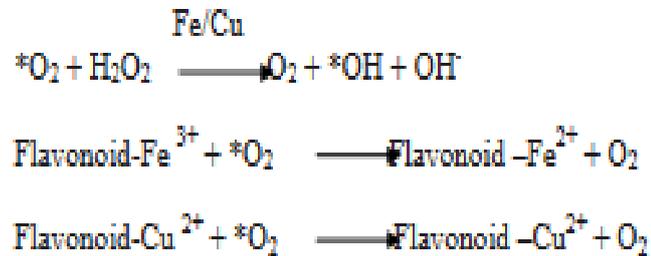


Gambar 2.9 Mekanisme Flavonoid dalam menangkap HO*

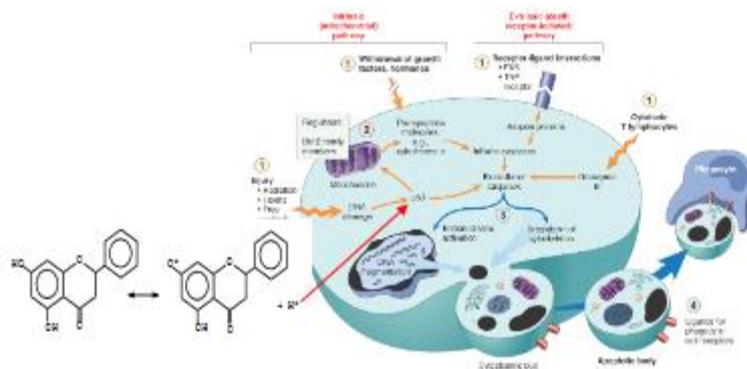
(Sumber: Parwata, 2017)

7. Flavonoid mempunyai efek anti inflamasi, sebab flavonoid dapat mengganggu pembentukan sitokin proinflamasi (seperti TNF- α , IL-6, IL-1 β dan interferon- γ). Selain itu, flavonoid bisa bertindak sebagai agen pengkelat untuk logam Cu dan Fe, dan bertindak menjadi katalis dalam reaksi Fenton. Reaksi ini termasuk reaksi yang mengubah Hidrogen Peroksida menjadi *OH. Proses rangkaian *chelation* ini dapat menurunkan aktivitas katalitik logam Cu dan Fe, sehingga mengurangi pembentukan radikal *OH dan

secara otomatis akan mengurangi proses kerusakan DNA dan proses peroksidasi lemak (PUFA), seperti reaksi berikut ini:



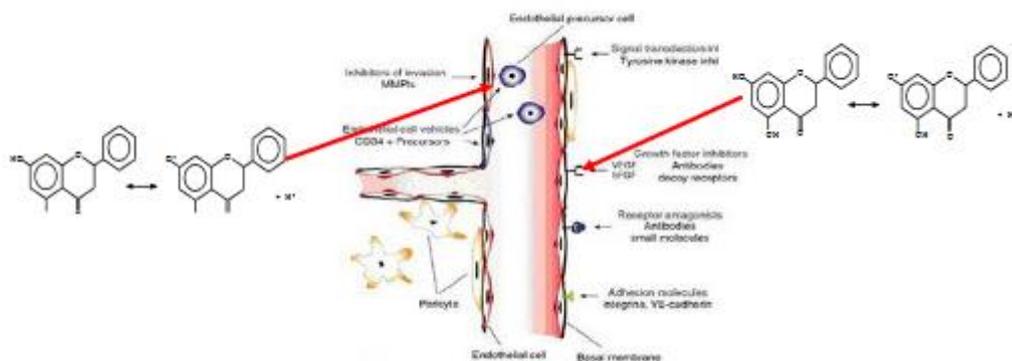
8. Flavonoid sangat berperan dalam menghambat pertumbuhan kanker. Hambatan Flavonoid dapat melalui hambatan enzim DNA kanker seperti Topoisomerase pada kanker payudara, induksi apoptosis dan antiangiogenesis. Induksi apoptosis biasanya flavonoid dapat meningkatkan supresor gen kanker p53, mengaktifkan enzim caspase dan menurunkan Bcl2. Berikut mekanisme apoptosis:



Gambar 2.10 Mekanisme apoptosis

(Sumber: Parwata, 2017)

9. Hambatan angiogenesis (antiangiogenesis) biasanya flavonoid dapat menurunkan enzim Cyclooxygenase (COX-2), MMPs (Matrix Metaloproteinase-9) dan menurunkan VEGF (Vascular Epherdermal Growth Factor). Berikut mekanisme antiangiogenesis:



Gambar 2.11 Mekanisme antiangiogenesis

(Sumber: Parwata, 2017)

C. Ekstraksi

Ekstrak ialah sediaan pekat yang mengekstraksi zat aktif dari bahan simplisia hewani, nabati ataupun mineral dengan memakai pelarut yang sesuai, lalu menguapkan semuanya atau hampir semuanya pelarut serta mengolah sisa bahan atau serbuk dengan cara standar yang telah ditentukan (Dep Kes RI, 2014. Hlm. 42).

Ekstraksi adalah teknik pemisahan kimiawi yang dapat memisahkan atau mengekstraksi satu komponen atau lebih atau senyawa (analit) dari suatu sampel simplisia dengan memakai pelarut tertentu yang sesuai (Leba, 2017. Hlm.1). Mekanisme ekstraksi diawali dengan proses melekatnya pelarut pada permukaan sampel, dilanjutkan dengan penyebaran / pencampuran pelarut kedalam sampel, kemudian pelarut melarutkan analit (interaksi antara analit dan pelarut). Selain itu, pelarut analit akan berdifusi kepermukaan sampel, dan pelarut analit akan terdesorpsi dari permukaan sampel kedalam pelarut (Leba, 2017. Hlm. 2). Adapun metode-metode ekstraksi yang dapat digunakan yaitu maserasi, perkolasi, dan sokletasi.

1. Maserasi

Maserasi (impregnasi) termasuk ekstraksi cair dan padat yang sangat sederhana. Perlakuannya dapat dilakukan dengan mudah yaitu dengan merendam sampel dengan pelarut yang sesuai dan disimpan pada suhu kamar, akibatnya bisa melarutkan analit dalam sampel. Umumnya sampel direndam 3 sampai 5 hari dengan pengadukan sesekali agar mempercepat pelarutan analit. Ulangi ekstraksi untuk mengekstrak analit dengan sempurna. Indikasi bahwa semua analit sudah diekstraksi dengan tepat yaitu pelarut yang dipakai tidak berwarna (Leba, 2017. Hlm. 3).

2. Perkolasi

Perkolasi (diafiltrasi) juga merupakan ekstraksi padatan cair, dilakukan dengan memasukkan pelarut secara perlahan ke sampel di positioner. Pada ekstraksi jenis ini, pelarut ditambahkan secara berlanjut, sehingga proses ekstraksi selalu dilakukan dengan menggunakan pelarut yang baru. Mode penambahan pelarut didasarkan pada jumlah pelarut dari atau yang dihasilkan dengan menambahkan pelarut dalam jumlah besar secara teratur, menggunakan mode tetesan pelarut dari wadah lain (Leba, 2017. Hlm. 3).

Proses ekstraksi dilakukan sampai analit yang ada pada sampel terekstraksi dengan sempurna. Indikasi bahwa semua analit telah diekstraksi dengan tepat yaitu pelarut yang digunakan tidak berwarna (Leba, 2017. Hlm. 2-3).

3. Sokletasi

Sokletasi adalah ekstraksi yang menggunakan alat, yaitu soklet. Dalam ekstraksi ini kedua bahan yaitu pelarut dan sampel ditempatkan pada tempat yang berbeda. Prinsipnya adalah menggunakan pelarut yang relatif sedikit untuk ekstraksi berkelanjutan. Setelah ekstraksi selesai, pelarut dapat diuapkan untuk mendapatkan ekstrak. Pelarut yang biasa

dipakai yaitu pelarut yang cepat menguap atau memiliki titik didih yang rendah (Leba, 2017. Hlm. 4-5).

Sokletasi dapat dilakukan dengan cara memanaskan pelarut. Uap pelarut yang dihasilkan didinginkan didalam didalam kondensor dan ini akan terus membasahi sampel, serta pelarut biasanya dimasukkan kedalam labu yang berisi analit. Prosesnya terus berlanjut. Pelarut yang telah digunakan dapat diuapkan kembali dan dapat dipisahkan dari analit. Proses sokletasi dapat dihentikan dengan menghentikan pemanasan (Leba, 2017. Hlm. 5).

D. Bakteri

1. Pengertian Bakteri Secara Umum

Bakteri ialah mikrobia prokariotik uniselular, yang termasuk kelas *Schizomycetes*, yang dapat memperbanyak diri secara aseksual melalui pembelahan sel. Bakteri tidak memiliki klorofil, namun ada beberapa yang bersifat fotosintetik sehingga memiliki klorofil. Bakteri dapat hidup bebas, ada yang parasitik, saprofitik, dan ada yang hidup sebagai *pathogen* pada manusia, hewan dan tumbuhan. Habitatnya sangat luas tersebar di alam, dalam tanah, atmosfer (sampai + 10 km diatas bumi), di dalam lumpur, dan di laut. Bentuk dasar bakteri yaitu bulat, batang, dan lengkung. Bentuk dari bakteri ini dipengaruhi oleh umur dan syarat pertumbuhan tertentu. Bakteri dapat mengalami involusi, yaitu perubahan pada bentuknya yang disebabkan oleh faktor nutrisi, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan. Selain itu, bakteri dapat mengalami pleomorfi, yaitu memiliki bentuk yang bermacam-macam dan teratur walaupun dibiakkan (Pujiati, 2019, hlm. 62)

Bakteri ialah organisme yang jumlahnya paling banyak dan tersebar luas di bumi dari pada dengan organisme lainnya. Bakteri mempunyai morfologi dan struktur sel yang khas dari organisme lainnya. Bakteri memiliki dampak positif yang dapat kita manfaatkan sebaik-baiknya dan dampak negatif yang harus kita kontrol sebijak mungkin. Biasanya bakteri memiliki berukuran sekitar 0,5-10 μ (Pujiati, 2019, hlm. 96).

Berdasarkan klasifikasi buatan yang ditulis dalam buku "*Bergey's manual of determinative bacteriology*" tahun 1974, bakteri diklasifikasikan berdasarkan deskripsi sifat morfologi dan fisiologi. Pada buku tersebut juga ada kunci determinasi untuk mengklasifikasikan isolat bakteri yang baru ditemukan. Menurut *Bergey's manual*, "*bakteri dibagi menjadi 1 kelompok (grup), dengan **Cyanobacteria** pada grup 20. Pembagian ini berdasarkan bentuk, sifat gram, kebutuhan oksigen, dan apabila tidak bisa dibedakan menurut ketiganya maka dimasukkan ke dalam kelompok khusus*" (Pujiati, 2019, hlm. 96)

2. Escherichia coli

Bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) merupakan bakteri yang memiliki bentuk batang, bersifat gram negatif dan dapat tumbuh dengan baik di media sederhana. Bakteri ini bisa memfermentasi laktosa dan glukosa, dan menghasilkan gas. Bakteri *E. coli* adalah organisme normal yang biasanya hidup di usus besar manusia dan diyakini berkontribusi pada produksi vitamin K, yang berguna untuk pembekuan darah. Bakteri ini juga digunakan untuk menilai kecukupan air rumah tangga (Entjang, 2003, hlm 103-104).

Indikasi terbaik ketika persediaan air rumah tangga sudah tercemar oleh kotoran manusia, yaitu disebabkan adanya bakteri *E.coli* didalam air, karena pada kotoran manusia baik orang sakit maupun sehat terdapat bakteri

tersebut. Ada sekitar 1000 juta bakteri *E.coli* dalam satu gram tinja (Entjang, 2003, hlm 104).

Bakteri *E. coli* merupakan bakteri yang termasuk genus *Escherichia* yang pada umumnya berada di saluran usus manusia. Bakteri *E. coli* banyak digunakan sebagai objek penelitian biologi dasar bahkan dianggap sebagai hewan peliharaan laboratorium oleh para peneliti, karena merupakan organisme yang terkenal dalam mikrobiologi. Kehadiran bakteri *E. coli* dalam air atau makanan ialah salah satu tanda kontaminasi tinja. Selain itu, biasanya bakteri *E. coli* bersifat patogen yang bisa menjadi penyebab infeksi pada bagian tubuh tertentu (Tortora, 2013, hlm. 3-4).

3. Morfologi Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli ialah bakteri yang memiliki sifat gram negatif dan termasuk kedalam famili *Enterobacteriaceae*, bentuknya batang pendek (*coccobasil*), berukuran 0,4-0,7 μm x 1,4 μm , memiliki kapsul pada beberapa strainnya, tidak membentuk spora serta bersifat anaerob secara fakultatif, sebagian besar bergerak dengan flagella yang dimilikinya (Brooks *et al.*, 2013).

Escherichia coli termasuk dalam keluarga *Enterobacteriaceae*. Ukuran pikselnya adalah 2.0-6.0 μm kemudian lebarnya 1.1-1.5 μm . Sel-sel tersebut terbentuk sejenis coocal sampai membesar sepanjang ukuran filamen, tidak memiliki spora, basil *E. coli* gram negatif. Sel dapat hidup sendiri-sendiri, berpasang-pasangan dan berantai pendek, dan biasanya tidak memiliki kapsul. *E.coli* hidup bersifat aerobik atau aerob fakultatif. *Escherichia coli* adalah penduduk normal usus yang biasanya mengakibatkan infeksi (Zakki, 2015, hlm. 21).

Bakteri *Escherichia coli* dapat tumbuh pada media apa pun, karena sebagian besar strainnya bersifat mikroaerob (membutuhkan oksigen, tetapi dapat bertahan hidup tanpa oksigen). Beberapa strain

lainnya bersifat hemolitik, oleh karena itu bila dibiakkan pada media agar darah dapat menunjukkan β hemolisis (hemolisis total), dan bila dibiakkan pada *Eosin Methylen Blue* (EMB) akan menunjukkan keunikan warna hijau metalik, dan ketika dibiakkan pada media endo Agar akan menunjukkan koloni berwarna kilat logam (Nygren *et al*, 2012).

Bakteri *E.coli* adalah patogen yang dapat hidup optimal pada suhu 37°C, dan pH sekitar 4,4-8,5. Nilai aktivitas air minimalnya 0,95 dan memiliki ketahanan yang lebih tinggi pada asam, relatif sangat sensitif pada panas dan tidak aktif disuhu pasteurisasi (selama proses pemasakkan) (Suardana dan Swarcita, 2009).

4. Klasifikasi Bakteri *Escherichia coli*

Kingdom : Bacteria
Divisi : Protobacteria
Class : Gammaprotobacteria
Ordo : Enterobacteriales
Famili : Enterobacteriaceae
Genus : *Escherichia*
Spesies : *Escherichia coli* (Itis, 2017)



Gambar 2.12 Bakteri *Escherichia coli* (Sumber: Halodoc)

5. Patogenesis Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* merupakan flora normal di usus manusia, dan biasanya tidak menyebabkan penyakit manusia. Namun pada beberapa kasus dapat menyebabkan penyakit seperti jumlah yang berlebihan, tinggal diluar habitatnya, atau menjadi inang yang rentan karena kondisi seperti terpapar penyakit immunosupresif (Putri, 2015).

Escherichia coli telah dipastikan menjadi pembawa penyebab disentri (seperti kolera dan diare) (Anderson, 2007, hlm.627). *E. coli* biasanya ada di usus besar manusia, serta strain patogen ini biasanya tidak dapat dibedakan dari strain non-patogen dalam morfologi koloni (Mandal et al., 2008, hal 148). *E. coli* dapat menyebabkan pneumonia, endokarditis, infeksi luka, dan abses berbagai organ. *E.coli* adalah penyebab utama meningitis neonatal dan juga penyebab infeksi saluran kemih. Bakteri *enteropatogen* (tipe) *E. coli* dapat menyebabkan diare

pada anak. Preventif dari penyakit yang disebabkan oleh bakteri *E.coli* dapat dilakukan yaitu melalui penggunaan antibiotik yang tepat dan efek antiseptik yang benar (Entjang, 2003, hlm. 104-105).

Escherichia coli adalah bakteri umum yang ditemukan di lingkungan, makanan, dan sistem pencernaan manusia dan hewan. *Escherichia coli* adalah sekelompok bakteri dengan banyak strain. Meskipun beberapa strain tidak berbahaya, beberapa strain *E. coli* dapat menyebabkan nyeri seperti diare, dan bahkan beberapa strain berbahaya dapat menyebabkan infeksi saluran kemih, saluran pernapasan dan nyeri paru-paru. Jenis *E. coli* yang menyebabkan diare mungkin disebabkan oleh udara atau makanan yang terkontaminasi. Strain *E. coli* patogen dibagi menjadi jenis patogen (fenotipe) (Nihayati, 2018).

Jenis *E. coli* berikut digolongkan sebagai patogen: *Shiga* penghasil toksin *Escherichia coli* (STEC) atau biasa dikenal dengan *Escherichia coli* penghasil toksin (VTEC) atau *enterohemorrhagic Escherichia coli* (EHEC). Jenis *Escherichia coli* ini disebabkan oleh kontaminasi makanan, *enterotoksin Escherichia coli* (ETEC), *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC), *enteroaggregative Escherichia coli* (EAEC), *enteroinvasive Escherichia coli* (EIEC) sering berjangkit, menyebar *Sexually Adhesive Escherichia coli* (DAEC) (Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit) (Nihayati, 2018).

Escherichia coli O157: H7 ialah strain *E. coli* yang termasuk dalam tipe EHEC / STEC / VTEC. Jenis ini paling berbahaya karena bisa menyebabkan diare berdarah yang berujung pada infeksi saluran kemih atau *hemorrhagic syndrome* (HUS). EHEC memiliki efek patogenik paling banyak dari beberapa penyebab kematian yang dilaporkan di negara ini. EHEC menghasilkan toksin *Shiga Escherichia coli* (STEC) yang disandikan oleh *gen eae*. Racun ini bisa menyebabkan *hemorrhagic colitis* (HC) dan *hemolytic uremic syndrome* (HUS). Secara umum faktor toksisitas EHEC adalah toksin *Shiga* (Stx) terdiri dari dua jenis, yaitu Stx1 dan Stx2 yang dikodekan oleh *gen stx1* dan *stx2*. Isolat EHEC dapat

menghasilkan *Stx1* atau *Stx2* atau keduanya, dan *Stx2* diketahui 1000 kali lebih sitotoksik daripada *Stx1* di sel ginjal manusia endotel (Nihayati, 2018)

STEC atau EHEC adalah kotoran berbagai hewan (termasuk domba, kambing, babi dan ayam). Oleh karenanya, daging adalah sumber utama pencemaran EHEC. *E. coli O157: H7* adalah bagian dari kelompok *E. coli enterohemorrhagic* (EHEC). Toksin vitamin yang dihasilkan oleh bakteri patogen ini dapat menyebabkan *thrombotic thrombocytopenic purpura* (TTP), *hemorrhagic colitis* dan *hemolytic uremic syndrome* (HUS) (Nihayati, 2018).

Escherichia coli O157: H7 disebutkan dapat menyebabkan penyakit pada manusia (patogenisitas). Infeksi *E. coli O157: H7* terutama disebabkan oleh makanan atau susu yang dari peternakan, termasuk buah-buahan segar, sayuran dan air. Di Amerika Serikat, infeksi *E. coli O157: H7* yang terjadi setelah meminum air yang terkontaminasi pertama kali dilaporkan di Desa Missouri pada tahun 1989. Sejak insiden ini, insiden selanjutnya terkait dengan meminum udara yang terkontaminasi. Biasanya enam gen *E. coli O157: H7* digunakan untuk mengkonfirmasi target PCR, yaitu *rfbE* (antigen O157), *eae* (endotelin), *stx1* (Shiga toksin 1), *stx2* (Shiga toksin 2), *hlyA* (hemolysin) dan *fliC* (flagella antigen) (Nihayati, 2018).

Escherichia coli O157: H7 dapat membentuk toksin *Vero*, dan faktor virulensinya dikodekan oleh gen *stx1* dan *stx2*. Gen *eaeA* mengkode endotelin, yang sesuai dengan patogenisitas dinding usus dan menyebabkan kerusakan. Hemolysin dikodekan oleh gen *hlyA*, antigen O157 dikodekan oleh gen *rfbE*, dan antigen flagela dikodekan oleh gen *Flic* (Nihayati, 2018)

Wabah penyakit yang disebabkan oleh *E. coli O157: H7* telah banyak dilaporkan. Telah terjadi beberapa wabah besar, misalnya di Jepang, lebih dari 9.000 anak telah terinfeksi (Michino et al., 1998).

Sejak itu, STEC O157 telah berpartisipasi dalam wabah diare sporadis di seluruh dunia. Wabah penyakit bakteri terbaru terjadi di Jerman pada tahun 2011, menyebabkan lebih dari 3.000 orang jatuh sakit dan 33 orang meninggal. Di Indonesia memang tidak banyak kasus yang disebabkan oleh bakteri jenis ini, namun tidak salah jika mengambil sikap waspada, seperti mengurangi makanan mentah dan memasak daging hingga matang agar tercegah dari penyakit yang disebabkan oleh bakteri *E. coli* O157: H7 pencegahan (Nihayati, 2018).

E. Antibakteri

Antibakteri ialah zat yang bisa merusak pertumbuhan atau membasmi mikroba, terdiri atas antibiotik dan kemoterapi (Badan POM RI, 2015).

Antibiotik ialah zat organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang dapat merusak atau membunuh mikroorganisme (Novel, 2010, hlm 41)

Kemoterapi adalah terapi atau cara penyembuhan suatu penyakit menggunakan bahan kimia tertentu (Novel, 2010, hlm, 245).

Prinsip penggunaan antibiotik didasarkan pada dua pertimbangan, yaitu penyebab infeksi dan faktor pasien. Antibakteri diklasifikasikan menjadi:

1. Penisilin
2. Sefalosporin dan antibiotik beta-laktam lainnya
3. Tetrasiklin
4. Aminoglikosida
5. Makrolida
6. Kuinolon
7. Sulfonamid dan trimetoprim
8. Antibiotik lain

F. Metode Pengujian Antibakteri

1. Metode Difusi

Metode difusi digunakan untuk media padat, dan wadahnya berupa cakram kertas yang dibuat di atas media padat, berongga atau silindris. Larutan uji akan berdifusi dari kertas cakram ke permukaan media, mengubahnya menjadi padatan yang sudah diinokulasi dengan bakteri. Pertumbuhan bakteri akan terganggu dengan munculnya tanda lingkaran bening di area sekitar kertas cakram (Rusdiyanti, 2019, hlm 9).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi metode difusi agar, adalah:

- a) Pra-difusi, perbedaan waktu pra-difusi akan mempengaruhi jarak difusi zat uji, yaitu difusi antar tangki penyimpanan.
- b) Ketebalan media penting untuk mendapatkan kepekaan terbaik. Perbedaan ketebalan media agar-agar akan mempengaruhi difusi bahan uji ke dalam agar-agar sehingga mempengaruhi diameter hambatan. Semakin tebal media yang digunakan maka semakin kecil diameter yang ditekan.
- c) Kepadatan inokulum, merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi lebar zona hambatan/ zona bening. Semakin kecil jumlah inokulasi maka obat akan semakin berdifusi sehingga menghasilkan area yang lebih luas. Jika jumlah inokulum semakin besar maka area hambatan yang dihasilkan akan berkurang. Lebih kecil.
- d) Komposisi media diatur secara berurutan, dan perubahan komposisi media akan mengubah karakteristik media, sehingga mengubah jarak difusi. Media agar mempengaruhi besar kecilnya daerah hambatan dalam mempengaruhi aktivitas bakteri tertentu, kecepatan difusi zat antibakteri, dan laju pertumbuhan zat antibakteri.
- e) Suhu inkubasi, sebagian besar bakteri tumbuh dengan baik pada suhu 37 ° C

- f) Atur waktu inkubasi sesuai dengan pertumbuhan bakteri Karena luas daerah hambat ditentukan dalam beberapa jam pertama setelah inokulasi pada media agar-agar maka daerah hambat dapat diamati segera setelah bakteri tumbuh.
- g) Pengaruh pH, perbedaan pH media yang digunakan akan menyebabkan perbedaan jumlah difusi zat yang diukur, dan nilai pH juga menentukan jumlah molekul terionisasi dari zat yang diukur. Selain itu, pH mempengaruhi pertumbuhan bakteri.

2. Konsentrasi Hambat Minimum

Konsentrasi hambat minimum adalah konsentrasi terkecil di antara zat yang memiliki efek penghambatan terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Konsentrasi hambat minimum (KHM) adalah rentang kerja untuk menentukan aktivitas antibakteri. Penentuan KHM dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a) Cara cair

Dalam metode ini, media cair yang telah ditambahkan zat tertentu digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri atau jamur pada pengenceran tertentu, kemudian kultur bakteri atau jamur diinokulasi dengan jumlah yang sama. Setelah inkubasi, reaktivitas tabung reaksi ditandai dengan transparansi atau kekeruhan dalam tabung reaksi

b) Cara Padat

Dalam metode ini digunakan media padat yang telah dicampur dengan berbagai konsentrasi larutan zat uji. Dengan cara ini cawan petri dapat tergores oleh lebih dari satu jenis mikroorganisme untuk mendapatkan MIC (Rusdiyanti, 2019, halaman 10-11).

Menurut Pan, Chen dan Zhao, zona hambat agen antibakteri dibedakan menjadi 3 kategori, yaitu:

- 1) Diameter 0- <3 mm tergolong lemah.
- 2) Diameter 3-6 mm sedang.
- 3) Diameter > 6 mm termasuk dalam kategori kuat (Andriani, 2018, halaman 31).

Menurut standar kekuatan antibakteri Davis dan Stout (1971. p. 659-665):

- 1) Diameter zona hambat > 20 mm = tahanan sangat kuat
- 2) Diameter zona hambat 10 mm-20 mm = resistivitas kuat
- 3) Diameter zona hambatan 5mm-10mm = resistansi sedang
- 4) Diameter zona supresi 0 mm-5 mm = supresi lemah

G. Hasil Penelitian Terdahulu

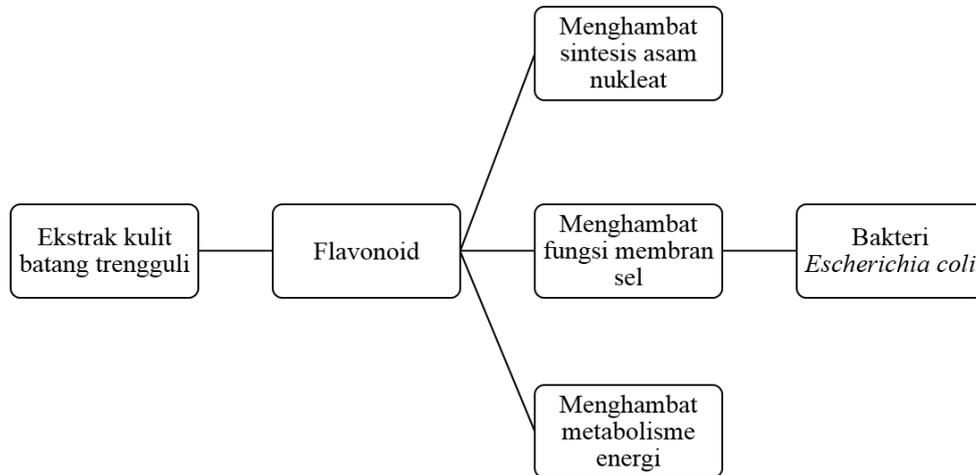
Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan oleh saudari Cristine Citra Dewi tahun 2016 dengan judul “Aktivitas Antibakteri Krim Fraksi Teraktif Kulit Batang Trengguli (*Cassia fistula* L.) Terhadap *Propionibacterium acnes* Isolat Klinis Dan *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853”. Hasil dari penelitian tersebut yaitu fraksi etil asetat merupakan fraksi teraktif dengan nilai KHTM dan KBM sebesar 175 ppm dan 350 ppm terhadap *Propionibacterium acnes*, serta 400 ppm dan 800 ppm terhadap *Pseudomonas aeruginosa*. Formulasi krim basis minyak dalam air memberikan aktivitas lebih baik dari pada formulasi krim basis air dalam

minyak terhadap bakteri uji, namun aktivitas menurun pada hari ke-28 penyimpanan.

Selain itu, penelitian sebelumnya yang berkaitan juga dilakukan oleh Maulida Aguslestari, Anis Yohana Chaerunisa, Tiana Milanda, dan Yasmiwar Susilawati dengan judul “Aktivitas Antibakteri *In Vitro* Ekstrak Etanol Kulit Batang Trengguli (*Cassia fistula* L.) Terhadap *Salmonella typhi* ATCC 14028”. Hasil penelitian yang diperoleh mengemukakan bahwa ekstrak etanol kulit batang trengguli dipercaya memiliki aktivitas antibakteri in vitro terhadap *Salmonella typhi* ATCC 14028 dengan nilai KHTM 0,3125%.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh saudari Yuliana Eka Rusdiyanti dengan judul “Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Batang Trengguli (*Cassia fistula* L.) Terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol dari kulit batang trengguli memiliki aktivitas antibakteri pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan nilai KHM berada dikonsentrasi 50% dengan diameter zona hambat 6,6 mm.

H. Kerangka Pemikiran



Gambar 213 Kerangka Pemikiran

Setiap bagian pohon trengguli dapat dimanfaatkan sebagai obat alternatif, salah satunya pada bagian kulit batangnya. Kulit batang trengguli memiliki kandungan metabolit sekunder alkaloid, flavonoid, polifenol, monoterpenoid dan seskuiterpenoid, steroid dan triterpenoid, serta kuinon (Daus, 2019, hlm 23).

Flavonoid merupakan salah satu senyawa alami yang banyak terdapat pada tumbuhan. Mengonsumsi makanan yang mengandung flavonoid dapat mengobati berbagai penyakit, seperti kanker (antikanker), bakteri patogen (antibakteri), radang, disfungsi kardiovaskular, dan agen antimikroba. Dan antioksidan, zat ini bisa mencegah radikal bebas (Bustanul A, Sanusi I, 2018; Shinta, Nailly, Bambang, 2018).

I. Keterkaitan Hasil Penelitian Dengan Pembelajaran Biologi

Penelitian yang dilakukan ini ada kaitannya dengan pembelajaran biologi, yaitu pada materi “Bakteri” di kelas X. Adapun kompetensi dasar yang harus dipenuhi, yaitu kompetensi dasar 3.5 menentukan struktur, gaya hidup, reproduksi, dan peran bakteri dalam kehidupan, dan kompetensi dasar 4.5 memberikan data tentang karakteristik dan peran bakteri dalam kehidupan.

Sesuai dengan kompetensi dasar diatas, maka penelitian ini dapat menjadi salah satu informasi tambahan atau referensi dalam pembelajaran baik secara teori di kelas maupun praktikum di laboratorium.