

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tanaman Binahong (*Anredera cordifolia* (ten.) Steenis)

2.1.1 Deskripsi Tanaman

Binahong adalah tanaman yang tumbuh di dataran rendah maupun tinggi dan daun binahong ini memiliki nama latin yaitu *Anredera cordifolia* (ten.). *steenii*) tanaman ini diduga berasal dari australia dan menyebar ke pulau pasifik lainnya. di negara china diketahui secara umum dengan nama *teng san chi*, sedangkan di negara inggris dikenal dengan *heartleaf madeiravine* atau *madeire vine*. binahong merupakan jenis tanaman menjalar. akarnya berbentuk rimpang. batang binahong lunak, saling membelit dengan warna ada yang hijau (binahong berbatang warna hijau) dan ada yang berwarna merah (binahong berbatang warna merah). perbedaan jenis binahong berdasarkan warna batangnya membedakan maksud penggunaannya sebagai bahan obat tradisional. penyembuhan luka biasanya menggunakan jenis binahong berbatang merah. pencegahan penyakit ringan umumnya menggunakan jenis binahong berbatang hijau. binahong berdaun tunggal, bertangkai sangat pendek, tersusun berseling, berwarna hijau, berbentuk jantung. helaian daun binahong tipis lemas, ujung runcing, pangkal berlekuk, tepi rata, permukaan licin.

Bagian dari tanaman binahong mulai dari akar, batang, bunga dan daun dapat dimanfaatkan namun yang sering digunakan untuk obat herbal adalah daunnya. binahong memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, flavonoid, polifenol, steroid dan triterpenoid binahong mempunyai aktivitas sebagai antibakteri, antiobesitas, antidiabetes dan antihiperlipidemia secara empiris tanaman ini dapat mengobati luka dalam, keputihan, mengobati sariawan, meningkatkan daya tahan tubuh mengurangi rasa nyeri, migrain, peradangan pasca operasi dan peradangan tenggorokan, asam urat, rematik dan dapat menormalkan kembali kadar kolesterol dalam darah (sevira putri...,2022)

2.1.2 Jenis Tanamam Binahong

Perbedaan 5 jenis binahong, yaitu binahong hijau (*Anredera cordifolia*), binahong merah (*Anredera cordifolia* 'Rubra'), binahong borneo (*Anredera cordifolia* var. *Borneensis*), binahong jepang (*Anredera cordifolia* var. *Japonica*), dan binahong australia (*Anredera cordifolia* var. *Australis*) terletak pada warna daunnya, kandungan tanin, dan saponin dalam penelitian ini menggunakan tanaman binahong jenis binahong hijau (*Anredera cordifolia*) dan binahong merah (*Anredera cordifolia* 'Rubra')

1. Binahong hijau (*Anredera cordifolia*):

Tanaman ini memiliki daun berbentuk hati dan dapat merambat atau memanjat. biasanya digunakan dalam pengobatan tradisional di beberapa wilayah binahong hijau memiliki beberapa khasiat yang bermanfaat bagi kesehatan, seperti sebagai antioksidan, antiinflamasi, antihipertensi, dan penurun gula darah deskripsi binahong hijau memiliki daun berbentuk hati yang umumnya berwarna hijau. tanaman ini dapat merambat atau memanjat dan biasanya tumbuh subur di daerah tropis. kegunaan: binahong hijau sering digunakan dalam pengobatan tradisional di beberapa wilayah, diyakini memiliki sifat-sifat penyembuhan dan kesehatan. (Nirmalasari, M. S., & Kusuma, H. S. W. (2018).

2. Binahong merah (*Anredera cordifolia* 'Rubra'):

Varian ini merupakan varietas binahong dengan daun berwarna merah. kegunaan dan karakteristiknya mungkin mirip dengan binahong hijau, namun variasi warna daun dapat memberikan penampilan yang berbeda. deskripsi binahong merah adalah varietas dengan daun berwarna merah. secara morfologis, kemungkinan besar mirip dengan binahong hijau, namun perbedaan warna pada daun memberikan penampilan yang menarik. kegunaan sama seperti binahong hijau, kegunaan binahong merah juga mungkin melibatkan potensi sifat penyembuhan. (Kurniawati, F., Lingga, C. A., & Yuliarto, A. (2019).

3. Binahong borneo (*Anredera cordifolia* var. *Borneensis*):

Varian ini mungkin berasal atau ditemukan di borneo, dan memiliki

karakteristik tertentu yang membedakannya dari varietas lain. perbedaan tersebut bisa mencakup karakter morfologi atau genetika. perbedaan morfologi atau karakteristik genetika mungkin ada, tetapi detailnya dapat (Permata, A. S., & Sufri, M. (2020).

4. Binahong jepang (*Anredera cordifolia* var. *Japonica*):

Varian ini berasal dari jepang dan memiliki karakteristik yang mungkin berbeda dengan varietas lainnya. selain itu, kondisi lingkungan tumbuh di jepang dapat mempengaruhi sifat pertumbuhan tanaman ini. seperti varietas lainnya, memiliki daun berbentuk hati dan mungkin memiliki adaptasi tertentu tergantung pada lingkungan tempatnya tumbuh (Hafizah, H., & Susilawati, S. (2019).

5. Binahong australia (*Anredera cordifolia* var. *Australis*):

Varian ini ditemukan di australia. binahong australia, meskipun masih merupakan bagian dari spesies *Anredera cordifolia*, mungkin menunjukkan adaptasi khusus terhadap lingkungan tumbuh di australia. varietas ini mungkin menunjukkan perubahan morfologi atau adaptasi khusus tergantung pada kondisi lingkungan australia (Wulandari, H. P., & Indaryanto, E. (2021).

2.1.3 Klasifikasi Tanaman Binahong

Klasifikasi tanaman binahong *Anredera cordifolia* (ten.) steenis:

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)

Subkingdom : *Tracheobionta*

Superdivisio : *Spermatophyta*

Divisio : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Subkelas : *Hamelidae*

Ordo : *Caryophyllales*

Familia : *Basellaceae*

Genus : *Anredera*

Spesies : *Anredera cordifolia* (ten.) steenis

(Mus, 2008 dalam Octavia, 2009).



Gambar 1. Binahong *Anredera (cordifolia (ten.) steenis)* merah dan hijau
Sumber: Pribadi

2.1.4 Asal Dan Habitat

Binahong adalah tanaman yang tumbuh didataran rendah maupun tinggi dan daun binahong ini memiliki nama latin yaitu *Anredera cordifolia (Ten.) steenis*. tanaman ini diduga berasal dari australia dan menyebar ke pulau pasifik lainnya. di negara china diketahui secara umum dengan nama *teng san chi*, sedangkan di negara inggris dikenal dengan *heartleaf madeiravine* atau *madeire vine*, khusus di indonesia disebut binahong (Sevira Putri.,2022) Binahong (*A. Cordifolia*) mempunyai habitat ditempat teduh dan agak lembab, dimana tingkat cahaya matahari tidak terlalu tinggi, pada kondisi lingkungan yang baik, binahong dapat tumbuh sampai 7 meter. tanaman *A. Cordifolia* merupakan tanaman obat potensial yang dapat mengatasi berbagai jenis penyakit., (Muh. Sulaiman Dadiono&Sri Andayani.,2022).

2.1.5 Morfologi Tanaman

Binahong (*A. Cordifolia*) memiliki morfologi khusus dengan panjang bisa mencapai +/- 5 m deskripsi akar, batang, daun dan bunga adalah sebagai berikut :

1. Akar



Gambar 2.Akar

Sumber: (mus 2008 & Susetya, 2012)

Akar berbentuk rimpang, berdaging lunak, Batang lunak, silindris, saling membelit, bagian dalam solid, permukaan halus, terkadang membentuk semacam umbi yang melekat di ketiak daun dengan bentuk tak beraturan dan bertekstur (mus 2008 & Susetya, 2012).

2. Batang



Gambar 3. Batang

Sumber: (Mus 2008 & Utami dan Desty, 2013)

Batang tanaman binahong lunak, bentuk silindris, saling membelit, berwarna merah, dan bagian solid dengan permukaan halus kadang berbentuk semacam umbi yang melekat di ketiak daun dengan berbentuk tak beraturan dan bertekstur kasar (Mus 2008 & Utami dan Desty, 2013).

3. Daun



Gambar 4. Daun (Nuraini,2014)

Sumber:(Nuraini, 2014)

Daunnya termasuk daun tunggal, terletak berseling, bertangkai sangat pendek (*sessile*), bentuk jantung (*cordata*), panjang 5-10 cm, lebar 3-7 cm, ujung runcing, pangkal berlekuk (*emarginatus*), tepi rata, helaian daun tipis lemas, permukaan licin, bisa dimakan (Nuraini, 2014).

4. Bunga



Gambar 5. Bunga (Mus 2008 & Susetya, 2012)

Sumber: (Mus 2008 & Susetya, 2012)

Bunga Bentuk bunganya majemuk rimpang, bertangkai panjang, muncul di ketiak daun, mahkota berwarna krem keputih-putihan berjumlah lima helaian tidak berlekatan dan panjang helaian mahkota 0,5-1 cm, berbau harum. perbanyakannya umumnya secara *generatif* (biji), namun lebih sering berkembang atau di budidaya secara *vegetatif* melalui akar rimpangnya (Mus 2008 & Susetya, 2012). Tanaman binahong berkembangbiak secara *generatif* (biji), tetapi lebih sering secara *vegetatif* melalui akar rimpang.

2.1.6 Pertumbuhan Tanaman

Perbanyakan tanaman binahong dilakukan secara *vegetative* dan *generative* dengan menggunakan akar rimpang dan biji. perbanyakan dari rimpang akar dengan mencabut atau memisahkan rimpang dan pohon induk, dipilih rimpang yang telah cukup tua.rimpang ditanam pada media tanah yang telah dicampur pupuk kandang dengan perbandingan 1:1.rimpang yang telah ditanam diberi naungan sampai 50%.untuk perbanyakan melalui biji dapat dilakukan apabila bijinya telah matang.biji yang disemaikan pada pembibitan setelah memiliki 4-6 daun, umur tanaman kurang lebih satu bulan sudah dapat dipindahkan ke lapangan.Sampai saat ini perbanyakan tanaman umumnya lebih banyak menggunakan cara *vegetative* dengan menggunakan rimpang karena lebih cepat tumbuh dan sifatnya sama dengan induknya. Binahong tumbuh baik pada tempat teduh dan agak lembab. Selain itu tanaman jenis ini juga mempunyai keunikan yaitu mempunyai umbi udara. umbi udara muncul pada ketiak daun yang merupakan organ perkembangbiakan secara *vegetatif*. pada umbi udara terdapat tunas daun. umbi udara binahong jika sudah tua, lepas dan ketiak daun, jatuh ke tanah dan tumbuh menjadi individu baru. waktu panen tanaman agar bisa bisa di ambil kandungan senyawa zat yaitu panen dilakukan pada umur 2, 4 dan 6 MST. Pada umur 2 MST tanaman binahong belum mencapai tinggi yang diinginkan, sehingga pemanenan baru dilakukan ketika tanam berumur 4 MST.(Juang Gema.,2018).

2.1.7 Kandungan Dan Kegunaan Tanaman

Kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada daun binahong, antara lain flavonoid, asam oleanolik, protein, asam askorbat, dan saponin. berbagai kandungan kimia tersebut menyebabkan daun binahong dapat bersifat antibakteri, antivirus, antiinflamasi, analgesik, dan antioksidan. selain itu, daun binahong juga berkhasiat untuk meningkatkan daya tahan tubuh, memperkuat daya tahan sel terhadap infeksi sekaligus memperbaiki sel yang rusak, melancarkan dan menormalkan peredaran darah serta tekanan darah, mencegah stroke, mengatasi diabetes, serta mengobati penyakit maag (Hariana, 2013).

2.1.8 Flavonoid

Flavanoid merupakan golongan terbesar dari senyawa fenol, senyawa fenol mempunyai sifat efektif menghambat pertumbuhan virus, bakteri dan jamur. (Nurachman (2002)) menambahkan bahwa senyawa- senyawa flavanoid umumnya bersifat antioksidan dan banyak yang telah digunakan sebagai salah satu komponen bahan baku obat-obatan. bahwa senyawa flavanoid dan turunannya memiliki dua fungsi fisiologi tertentu, yaitu sebagai bahan kimia untuk mengatasi serangan penyakit (*sebagai antimikroba*) dan anti virus bagi tanaman. (Nirmala et al., 2018).

2.1.9 Saponin

Saponin merupakan senyawa aktif permukaan yang kuat yang menimbulkan busa jika dikocok dalam air dan pada konsentrasi yang rendah sering menyebabkan hemolisis sel darah merah. beberapa saponin bekerja sebagai antimikroba dan saponin tertentu menjadi penting karena dapat diperoleh dari beberapa tumbuhan dengan hasil yang baik dan digunakan sebagai bahan baku untuk sintesis hormon steroid yang digunakan dalam bidang kesehatan. saponin merupakan glukosida yang larut dalam air dan etanol, tetapi tidak larut dalam eter. (Kurniawati et al., 2019).

2.1.10 Alkaloid

Alkaloid sering bersifat racun bagi manusia dan banyak yang mempunyai kegiatan fisiologi yang menonjol, jadi digunakan secara luas dalam bidang pengobatan. alkaloid biasanya berwarna, sering kali bersifat optis aktif, kebanyakan berbentuk kristal tetapi hanya sedikit yang berupa cairan misalnya nikotina pada suhu kamar alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri. mekanisme yang diduga adalah dengan cara mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel tersebut (Indraningsih et al., 2019).

2.1.11 Terpenoid

Terpenoid banyak ditemukan dalam tumbuhan tingkat tinggi sebagai minyak atsiri yang memberi bau harum dan bau khas pada tumbuhan dan bunga. selain itu terpenoid juga terdapat dalam jamur, invertebrata laut dan

feromon serangga. sebagian besar terpenoid ditemukan dalam bentuk glikosida atau glikosil ester. terpenoid tumbuhan mempunyai manfaat penting sebagai obat tradisional, anti bakteri, anti jamur dan gangguan kesehatan (Haridyani et al., 2020).

2.1.12 Minyak Atsiri

Minyak atsiri adalah senyawa volatil yang dihasilkan oleh jaringan tertentu pada tanaman, seperti akar, batang, daun, kulit, bunga, dan biji (Rahmawati, 2000). Minyak atsiri berfungsi sebagai antibakteri dengan mengganggu pembentukan membran atau dinding sel bakteri, sehingga menyebabkan sel tidak terbentuk atau terbentuk dengan tidak sempurna. Minyak atsiri yang bersifat antibakteri umumnya mengandung gugus hidroksil (-OH) dan karbonil. turunan fenol dalam minyak atsiri berinteraksi dengan sel bakteri melalui adsorpsi dengan ikatan hidrogen. pada konsentrasi rendah, terbentuk kompleks protein-fenol yang lemah dan cepat terurai, memungkinkan fenol masuk ke dalam sel dan menyebabkan presipitasi serta denaturasi protein. pada konsentrasi tinggi, fenol menyebabkan koagulasi protein dan lisis membran sel (Parwata, 2008).

2.1.13 Tanin

Tanin merupakan golongan senyawa aktif tumbuhan yang bersifat fenol, mempunyai rasa sepat dan mempunyai kemampuan menyamak kulit. secara kimia tanin dibagi menjadi dua golongan, yaitu tanin terkondensasi atau tanin katekin dan tanin terhidrolisis (Robinson, 1995). tanin memiliki aktivitas antibakteri, secara garis besar mekanismenya adalah dengan merusak membran sel bakteri, senyawa astringent tanin dapat menginduksi pembentukan ikatan senyawa kompleks terhadap enzim atau substrat mikroba dan pembentukan suatu ikatan kompleks tanin terhadap ion logam yang dapat menambah daya toksisitas tanin itu sendiri (Akiyama, 2001).

2.1.14 Pengembangan Penelitian Terkait Antibakteri

Penelitian telah melaporkan bahwa sintesis beberapa metabolit sekunder bioaktif pada tanaman seperti alkaloid, poliketone, lakton, asam organik, cyclopeptide, flavonoid, dan saponin, dengan aplikasi baru dapat dicapai dengan kehadiran endofit pada tanaman inang (Ek-Ramos et al., 2019). Literatur

sebelumnya tentang pengetahuan endofit tanaman binahong *Anredera cordifolia* (ten.) *steenii* melaporkan potensi bakteri dan jamur endofit secara terpisah. laporan ini akan fokus pada keduanya, baik bakteri dan jamur endofit dari *Anredera cordifolia* (ten.) *steenii* yang menunjukkan kemampuan mikrobiologis. kemudian ada salah satu studi yang dilakukan oleh Xiong et al. (2019) menunjukkan bahwa ekstrak binahong memiliki efek antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Pseudomonas aeruginosa*. hasil ini menunjukkan potensi binahong sebagai sumber antibakteri alami. selain itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Anita et al. (2020) menemukan bahwa ekstrak binahong juga memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Salmonella typhi* dan *Vibrio cholerae*. hal ini menunjukkan kemungkinan penggunaan binahong sebagai bahan alami dalam pengobatan infeksi bakteri spesifik.

2.2 Tinjauan Tentang Endofit

2.2.1 Deskripsi Endofit

Mikroorganisme endofit merupakan salah satu organisme penghasil senyawa bioaktif. endofit berasal dari bahasa Yunani, “*endo*” berarti di dalam dan “*fit*” (*phyte*) berarti tumbuhan. mikroorganisme endofit dapat hidup bersimbiosis dengan tanaman inangnya dan dapat menghasilkan metabolit sekunder yang memiliki bioaktivitas seperti zat antibakteri, antifungi dan antikanker. Suatu mikroorganisme dapat dikatakan sebagai endofit apabila mikroorganisme tersebut hidup di dalam jaringan tanaman setidaknya satu bagian dari siklus hidupnya. bakteri endofit juga memiliki sifat yang sangat unik dimana apabila fisiologi tumbuhan yang berasal dari spesies yang sama namun tumbuh pada lingkungan yang berbeda, akan menghasilkan bakteri endofit yang berbeda pula sesuai dengan kondisi lingkungan dimana bakteri tersebut berada (Khan et al., 2014).

Endofit di daerah tropis dengan keragaman yang tinggi menghasilkan senyawa metabolit dengan variasi yang lebih banyak dibandingkan dengan endofit tumbuhan-tumbuhan yang ada di daerah tropis, dan bisa dinyatakan tumbuhan

inang mempengaruhi metabolisme endofitnya (Bayliss et al., 2001, Aly et al., 2013). kemampuan mikroba endofit memproduksi metabolit sekunder sesuai dengan tanaman inangnya merupakan peluang yang sangat besar dan dapat diandalkan untuk memproduksi metabolit sekunder dari mikroba endofit yang diisolasi dari tumbuhan inangnya.(Gouda, S.,. (2018).

Diketahui terdapat ± 300.000 jenis tumbuhan tersebar di muka bumi ini, masing-masing tumbuhan mengandung satu atau lebih mikroorganisme endofit yang terdiri dari bakteri dan jamur (Strobel & Daisy, 2003), selain itu mikroorganisme endofit juga dilaporkan terdapat pada marine organisms (Debbab et al., 2011)

2.2.2 Klarifikasi Endofit

1. Mikroba Endofit Penghasil Antibiotik

Mikroorganisme memproduksi berbagai metabolit sekunder, banyak yang mempunyai aplikasi terapi yang potensial. antibiotik sejauh ini merupakan senyawa yang mempunyai pengaruh positif terhadap kesehatan manusia. antibiotik dinyatakan sebagai metabolit sekunder mikroorganisme yang mempunyai berat molekul rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain. walaupun struktur kimia berbeda, sebagian besar antibiotik yang beredar diproduksi oleh bakteri dalam order *Actinomycetes*, terutama genus *Sterptomyces*. beberapa fungi juga menghasilkan antibiotik, seperti *Aspergillus* dan *Penicillium* (Sudjadi, 2008).

Tabel 1. Kategori Aktivitas Antibakteri (davis & stout.,1971)

Diameter daya hambat (mm)	kategori
<5	Lemah
5-10	Sedang
10-20	Kuat
>20	Sangat Kuat

2. Endofit yang Menghasilkan Senyawa Antioksidan

Metabolit sekunder yang berkhasiat sebagai antioksidan juga dapat diproduksi oleh mikroba endofit. *Pestacin* dan *isopestacin* adalah metabolit sekunder dari endofit *pestalotiopsis microspora* yang diisolasi dari tanaman *terminalia morobensis* di papua new guinea. kedua senyawa ini berfungsi sebagai antioksidan, kemungkinan karena struktur molekulnya mirip dengan inangnya (Jalgaonwala et al., 2010).

3. Mikroba Endofit Penghasil Senyawa Antikanker

Paclitaxel dan derivatnya adalah zat antikanker pertama yang diproduksi oleh mikroba endofit. paclitaxel, senyawa diterpenoid dari tanaman *taxus*, mempengaruhi molekul tubulin dalam pembelahan sel kanker. umumnya, senyawa ini diproduksi oleh endofit *Pestalotiopsis microspora*, diisolasi dari *Taxus andreanne*, *T. brevifolia*, dan *T. wallichiana*. beberapa endofit lain dari berbagai jenis *taxus* juga menghasilkan senyawa antitumor, dan sintesisnya telah berhasil dilakukan (Radji, 2005). metabolit sekunder seperti naphtoquinone spiroketal dari jamur endofit *Edenia gomespompae*, dan *Enam derivat* asam tetramik dari *Penicillium sp.* dan *Aegiceras corniculatum*, memiliki efek sitotoksik tinggi terhadap sel kanker (Jalgaonwala et al., 2010).

4. Mikroba Endofit Penghasil Senyawa Antivirus

Jamur endofit *Cytonaema sp.* dapat menghasilkan metabolit sekunder *cytonic acid A dan B*, yang struktur molekulnya merupakan isomer p- tridepside, berkhasiat sebagai antivirus. *Cytonic acid A dan B* ini merupakan protease inhibitor dan dapat menghambat pertumbuhan *cytomegalovirus* manusia (Radji, 2005).

2.2.3 Morfologi



Gambar 6.Bakteri Endofit (Redaksi Agrozine, 2023)

Sumber: Redaksi Agrozine, 2023

Karakteristik juga dapat dilihat dari morfologi sel bakteri endofit. Bakteri endofit termasuk dalam Gram negatif atau positif. Bentuk bakteri endofit yang dikarakterisasi merupakan batang pendek dengan rangkaian berbeda-beda pada setiap isolat. Perbedaan rangkaian tersebut terjadi karena terkadang bakteri dengan bentuk batang saling melekat satu dengan yang lain dari ujung ke ujung, sehingga memberikan tampilan diplo maupun berantai (Bodhankar, S., & Nagar, P. (2020).

2.2.4 Fisiologi

Karakteristik bakteri endofit lainnya dari fisiologi biokimia merupakan karakteristik fisiologi biokimia yang digunakan untuk mengetahui pergerakan sel. bakteri endofit dengan isolat A1 dan B1 diketahui non motil sedangkan isolat B2 dan B3 motil. Pengujian pada motilitas bakteri dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pergerakan sel, yang dimungkinkan oleh adanya flagel. Isolat B2 dan B3 kemungkinan mempunyai flagel untuk bergerak, sedangkan isolat A1 dan B1 tidak mempunyai flagel. flagel dapat menggerakkan sel sehingga bakteri dapat menyebar ke berbagai arah pada media. bakteri pada kondisi tertentu akan menghasilkan hidrogen peroksida. hidrogen peroksida merupakan racun yang dapat merusak sistem metabolisme bakteri. bakteri akan mengalami kematian apabila tidak dapat memecah hidrogen peroksida menjadi senyawa lain yang tidak berbahaya.

pemecahan tersebut dapat dilakukan apabila terdapat enzim katalase peroksida (Anggara & Lisdiana, 2014). bakteri endofit umumnya bersifat non patogen, artinya mereka tidak menyebabkan penyakit pada tanaman inangnya. mereka berperan secara mutualistik dengan tanaman, membantu meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman. bakteri endofit ini hidup secara damai di dalam jaringan tanaman dan tidak menyebabkan kerusakan atau gejala yang merugikan. keberadaan bakteri endofit non patogen ini seringkali memberikan keuntungan bagi tanaman, karena mereka dapat meningkatkan penyerapan nutrisi.

2.2.5 Patogenitas

Mikroba endofit dan tanaman inangnya mempunyai hubungan yang saling menguntungkan. mikroba endofit akan melindungi tanaman inangnya dari serangan patogen dengan menggunakan senyawa yang dikeluarkannya. senyawa ini adalah hasil dari metabolisme mikroba endofit yaitu senyawa metabolit sekunder. metabolit sekunder yang dikeluarkan oleh mikroba endofit berupa senyawa bioaktif yang berfungsi untuk membunuh patogen. selain itu juga dapat menghasilkan enzim. sedangkan tanaman inangnya akan menyediakan nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroba endofit tersebut. mikroba endofit memang mempunyai kemampuan untuk menghasilkan metabolit sekunder yang karakternya sama atau mirip dengan tanaman inangnya. hal ini bisa disebabkan karena adanya pertukaran genetik yang terjadi diantara tanaman inangnya dengan mikroba endofit secara evolusioner (Berg, G., Grube, M., Schlöter, M., & Smalla, K. (2014).

2.2.6 Endofit Mempunyai Sifat Sebagai

Mikroba endofit mempunyai potensi untuk memproduksi satu atau beberapa senyawa bioaktif yang mempunyai sifat sebagai antibakteri, antijamur dan dapat menghasilkan enzim yang bermanfaat untuk bidang industri maupun pangan. metabolit sekunder ini dikategorikan ke dalam berbagai gugus fungsi, alkaloid, benzopiranon, kuinon, flavonoid, asam fenolik, kuinon, steroid, saponin, tanin, terpenoid, tetralon, xanton, dan masih banyak lainnya (Gouda et al., 2016).

2.2.7 Endofit Bersifat Non Patogen

Melindungi tanaman dari serangan patogen, atau memicu respons pertahanan tanaman yang lebih kuat. meskipun demikian, perlu diingat bahwa ada

juga beberapa bakteri endofit patogen yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman jika terjadi gangguan pada tanaman atau kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. namun, sebagian besar bakteri endofit yang kita kenal memiliki sifat non patogenik dan membantu dalam pertumbuhan dan kesehatan tanaman inangnya.(Reinhold-Hurek, B., & Hurek, T. (2011)

2.3 Uraian Bakteri

2.3.1 Bakteri

Bakteri merupakan salah satu jenis mikroorganisme yang tidak bisa dilihat oleh mata langsung. bakteri memiliki bentuk bermacam-macam bentuk morfologi yaitu, bulat, batang dan spiral. bakteri tersusun atas dinding sel dan inti sel. di sebelah luar dinding sel terdapat selubung atau kapsul. didalam sel bakteri tidak terdapat membran dalam *endomembran* dan *organel* bermembran seperti *kloroplas* dan *mitokondria*. struktur tubuh bakteri dari lapisan luar hingga bagian dalam sel yaitu, flagela, dinding sel, membran sel, mesosom, lembaran fotosintetik, sitoplasma, dna, plasmid, ribosom, dan endospora (Fifendy, 2017)

2.3.2 Bakteri Gram Positif

Bakteri gram positif yaitu bakteri yang memiliki dinding sel yang terdiri atas lapisan peptidoglikan yang tebal dan dinding selnya mengandung lipid sebagai lapisan tunggal. bakteri gram positif merupakan bakteri yang mempertahankan zat warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan sehingga akan berwarna biru atau ungu dibawah mikroskop (Fifendy, 2017).

2.3.3 Bakteri Gram Negatif

Bakteri gram negatif adalah bakteri yang memiliki lapisan luar, lipo polisakarida terdiri atas membran dan lapisan peptidoglikan yang tipis terletak pada periplasma (diantara lapisan luar dan membran sitoplasmik) (Fifendy, 2017).

2.4 Tinjauan Tentang *Staphylococcus aureus*

2.4.1 Deskripsi *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus adalah bakteri gram positif yang berbentuk bola atau kokus, dan merupakan salah satu patogen paling umum yang ditemukan pada manusia. bakteri ini dapat hidup di kulit dan selaput lendir tanpa menyebabkan penyakit, tetapi juga dapat menyebabkan berbagai infeksi yang serius ketika masuk ke dalam tubuh, terutama melalui luka atau memasuki aliran darah.(Naber CK 2020).

Beberapa sifat yang membuat *Staphylococcus aureus* menjadi patogen yang signifikan adalah kemampuannya untuk menghasilkan berbagai toksin dan enzim, serta kemampuannya untuk mengembangkan resistensi terhadap antibiotik. *Staphylococcus aureus* adalah bakteri berbentuk kokus berukuran garis tengah sekitar 1 µm yang pada pewarnaan bersifat gram positif. Jika dilihat dibawah mikroskop berbentuk seperti kelompok anggur. *Staphylococcus aureus* tidak aktif bergerak (*nonmotif*). Bakteri ini tahan panas sampai setinggi 50°C, kadar garam yang tinggi dan kekeringan. Koloni *Staphylococcus aureus* berukuran besar dengan garis tengah 6-8 mm, dan berwarna bening. *Staphylococcus aureus* tersebar luas di alam dan ada yang hidup sebagai flora normal pada manusia yang terdapat diaksila, lubang hidung (nares) bagian anterior. Sekitar 25-30% manusia membawa *Staphylococcus aureus* didalam rongga hidung dan kulitnya (Al, 2020)

Staphylococcus aureus menimbulkan infeksi bernanah atau abses. Infeksinya akan lebih berat bila menyerang anak-anak, usia lanjut dan orang yang daya tahan tubuhnya menurun, seperti penderita diabetes militus, luka bakar dan AIDS. *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan penyakit seperti infeksi pada folikel rambut dan kelenjar keringat, bisul, infeksi pada luka, meningitis. Sedangkan dirumah sakit sering menimbulkan infeksi nosokomial pada bayi, pasien luka bakar, pasien bedah atau sebagian besar disebabkan kontaminasi oleh personil rumah sakit (medis dan paramedis) (wael,2017)

2.4.2 Klarifikasi *Staphylococcus aureus*

Klasifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* sebagai berikut :

Divisi : *Protophyta*

Kelas : *Schizomycetes*

Ordo : *Eubacteriales*

Famili : *Micrococceae*

Genus : *Staphylococcus*

Spesies : *Staphylococcus aureus*



Gambar 7. Bakteri *Staphylococcus aureus* (Allo, 2016)

Sumber: Allo, 2016

2.4.3 Morfologi

Bentuk Bulat, ukuran 1 mikron ,tidak membentuk spora ,tidak mempunyai flagella letak sel satu sama lain yang karakteristik bergerombol seperti buah anggur sifat karakteristik ini di pakai sebagai pemberian nama *Staphylococcus*.Tetapi kadang- kadang ada yang letaknya tersebar atau terpencar. pengelompokan ini akan terlihat baik pada pengamatan tanaman dalam media padat. pasangan atau rantai pendek lebih sering terlihat dalam smear nanah dan kultur dalam kaldu. Sifat Pewarnaan: Pada kultur muda bersifat Gram positif (+), sedang pada kultur tua bersifat Gram negative (-). Koloni *micrococci* tumbuh cepat pada media agar pada suhu normal, dan biasanya bergaris tengah 1-2 mm setelah inkubasi 24 jam.koloni tadi halus, basah, menonjol dengan tepi bulat dan berwarna, yaitu pada varietas albus berwarna putih, *varietas citreus* berwarna kuning jernih dan *varietas aureus*

berwarna kuning emas. (Tille, P. M. 2017).

2.4.4 Fisiologi

Metabolisme *Staphylococcus aureus* adalah organisme fakultatif *anaerob*, yang berarti dapat tumbuh baik dalam kehadiran oksigen (*aerob*) maupun tanpa oksigen (*anaerob*). bakteri ini memiliki kemampuan untuk menggunakan berbagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhannya, termasuk glukosa, asam laktat, dan asam piruvat. pertumbuhan dan reproduksi: *Staphylococcus aureus* dapat tumbuh pada suhu yang beragam, tetapi suhu optimal untuk pertumbuhan berkisar antara 37°C, yang merupakan suhu tubuh manusia. bakteri ini memiliki waktu generasi yang singkat, memungkinkannya untuk berkembang biak dengan cepat dalam kondisi yang sesuai. (Cheung AL, Otto M.2012).

2.4.5 Patogenitas

Kemampuan patogenik strain *Staphylococcus aureus* tertentu merupakan efek gabungan faktor- faktor ekstraseluler, toksin- toksin, serta invasive strain itu. *Staphylococcus aureus* yang *pathogen* dan *invasive* cenderung menghasilkan koagulase dan pigmen kuning, dan bersifat *hemolitik*. (Bagnoli F, Bertholet S, Grandi G 2012)

2.4.6 Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*

Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk suhu, kelembaban, pH, nutrien, dan ketersediaan oksigen. Berikut adalah beberapa karakteristik pertumbuhan dari *Staphylococcus aureus*:

1. Suhu *Staphylococcus aureus* tumbuh optimal pada suhu tubuh manusia, yaitu sekitar 37°C. Namun, bakteri ini juga dapat tumbuh pada rentang suhu yang lebih luas, mulai dari sekitar 10°C hingga 45°C.
2. Oksigen *Staphylococcus aureus* adalah bakteri fakultatif *anaerob*, yang berarti dapat tumbuh baik dalam kehadiran oksigen (*aerob*) maupun tanpa oksigen (*anaerob*). Namun, pertumbuhan aerob biasanya lebih disukai.
3. Faktor-faktor lingkungan kondisi lingkungan seperti kelembaban dan pH juga dapat memengaruhi pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Bakteri ini dapat bertahan pada kisaran pH yang luas, tetapi pertumbuhan optimalnya biasanya terjadi pada pH netral hingga sedikit asam.

4. Waktu generasi *Staphylococcus aureus* memiliki waktu generasi yang singkat, yang berarti dapat berkembang biak dengan cepat dalam kondisi yang sesuai. (Tille, P. M. (2017).

2.5 Tinjauan Tentang *Escherichia coli*

2.5.1 Deskripsi *Escherichia coli*

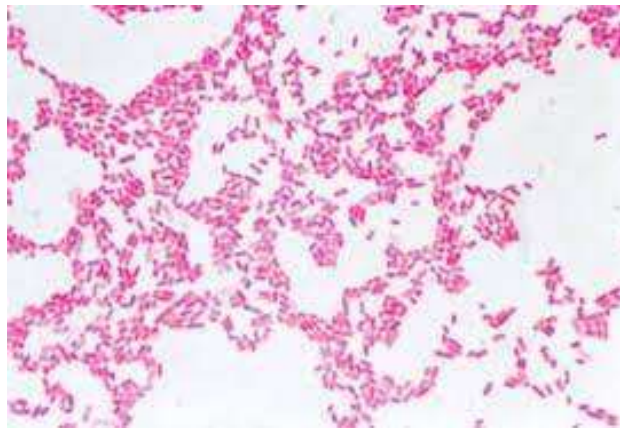
Escherichia coli adalah salah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif. banyak industri kimia mengaplikasikan teknologi fermentasi yang memanfaatkan *Escherichia coli*, misalnya dalam produksi obatobatan seperti insulin dan antibiotik (Dufour, 1984).

Bakteri *Escherichia coli* ditemukan pada tahun 1885 oleh Theodor Escherich dan diberi nama sesuai dengan nama penemunya. *Escherichia coli* merupakan bakteri berbentuk batang dengan panjang sekitar 2 micrometer dan diameter 0.5 micrometer. volume sel *Escherichia coli* berkisar 0.6-0.7 mm. bakteri ini dapat hidup pada rentang suhu 20-40 °C dengan suhu optimumnya pada 37°C dan tergolong bakteri gram negatif (Sutiknowati, 2016) *Escherichia coli* di alam terbuka hidup di dalam tanah. jika terjadi pencemaran (umumnya pencemar organik yang ditandai dengan BOD tinggi), tanah menjadi media pertumbuhan yang baik untuk bakteri ini dan menyebabkan peningkatan konsentrasi *Escherichia coli* dalam tanah. Saat hujan turun atau salju mencair, semakin banyak bakteri ini yang terbawa oleh air tanah masuk ke sungai. dengan demikian konsentrasi *Escherichia coli* akan terdeteksi tinggi di air tanah dan sungai sehingga mengindikasikan adanya pencemaran tanah (Sutiknowati, 2016).

2.5.2 Klarifikasi *Escherichia coli*

Klasifikasi Bakteri *Escherichia coli* menurut (Sutiknowati, 2016) sebagai berikut

Domain	: <i>Bacteria</i>
Kingdom	: <i>Eubacteria</i>
Phylum	: <i>Proteobacteria</i>
Class	: <i>Gamma proteobacteria</i>
Order	: <i>Enterobacteriales</i>
Family	: <i>Enterobacteriaceae</i>
Genus	: <i>Escherichia</i>
Species	: <i>Escherichia coli</i>



Gambar 8. Bakteri *Escherichia coli* (Sutiknowati, 2016)
Sumber: Sutiknowati, 2016

2.5.3 Morfologi

Bentuk *escherichia coli* adalah bakteri gram negatif yang biasanya berbentuk batang (*Bacillus*). Berukuran sekitar 1-2 mikrometer panjangnya dan 0,5-1 mikrometer lebarnya. motilitas beberapa strain *Escherichia coli* memiliki *flagela* yang memungkinkannya untuk bergerak secara aktif, sementara yang lainnya tidak memiliki flagela dan bersifat non-motil. Sebagian kecil strain *Escherichia coli* dapat memiliki kapsul dan *flagela*, tetapi sebagian besar strainnya tidak. (Madigan, M. T., Buckley. 2018).

2.5.4 Fisiologi

Escherichia coli adalah organisme fakultatif *anaerob*, yang berarti dapat tumbuh baik dalam kehadiran oksigen (*aerob*) maupun tanpa oksigen (*anaerob*). Secara metabolik, *Escherichia coli* adalah heterotrofik dan dapat menggunakan berbagai sumber karbon dan energi, seperti glukosa, laktosa, dan asam amino. *Escherichia coli* dapat melakukan fermentasi glukosa menjadi asam laktat, asam asetat, etanol, dan gas karbon dioksida. *Escherichia coli* tumbuh optimal pada suhu sekitar 37°C, yang merupakan suhu tubuh manusia. Waktu generasi *Escherichia coli* relatif pendek, memungkinkannya untuk berkembang biak dengan cepat dalam kondisi yang sesuai. . (Madigan, M. T., Buckley. 2018).

2.5.5 Patogenitas

Sejumlah strain *Escherichia coli* dapat menjadi patogenik dan menyebabkan berbagai jenis infeksi pada manusia, termasuk gastroenteritis, infeksi saluran kemih, dan infeksi sistemik. Faktor-faktor virulensi *Escherichia coli* meliputi adhesin yang memungkinkan bakteri untuk melekat pada sel-sel inang, toksin seperti toksin *heat-labile* (LT) dan toksin *heat-stable* (ST) yang menyebabkan gejala klinis pada infeksi usus, serta faktor lain seperti sistem sekresi tipe III yang memungkinkan bakteri untuk menyuntikkan protein virulen ke dalam sel inang. . (Madigan, M. T., Buckley. 2018).

2.5.6 *Escherichia coli* mempunyai sifat sebagai

Escherichia coli dapat tumbuh baik dalam kehadiran oksigen (*aerob*) maupun tanpa oksigen (*anaerob*). Ini memungkinkan bakteri ini untuk hidup di berbagai lingkungan, termasuk dalam saluran pencernaan manusia yang memiliki oksigen yang bervariasi. *Escherichia coli* memiliki waktu generasi yang relatif singkat, yaitu sekitar 20-30 menit pada kondisi optimal. Hal ini memungkinkan bakteri ini untuk berkembang biak dengan cepat dan mendominasi dalam populasi mikroba dalam kondisi yang sesuai. *Escherichia coli* adalah organisme *heterotrofik*, yang berarti bergantung pada sumber organik eksternal untuk karbon dan energi. Bakteri ini dapat menggunakan berbagai substrat organik, seperti glukosa, laktosa, dan asam amino, sebagai sumber nutrisi. (Stahl, D. A. 2018).

2.5.7 Pertumbuhan *Escherichia coli*

Escherichia coli tumbuh optimal pada suhu sekitar 37°C, yang merupakan suhu tubuh manusia. namun, bakteri ini juga dapat tumbuh pada rentang suhu yang lebih luas, mulai dari sekitar 10°C hingga 45°C. organisme *heterotrofik* dan membutuhkan sumber *karbon*, *nitrogen*, dan energi untuk pertumbuhannya. nutrisi seperti glukosa, pepton, dan mineral merupakan sumber nutrisi yang penting untuk pertumbuhan *Escherichia coli* membutuhkan ketersediaan air untuk pertumbuhannya. kadar air yang tinggi dalam media pertumbuhan mendukung pertumbuhan bakteri ini. *Escherichia coli* adalah organisme *aerob* dan membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya. pertumbuhan optimal biasanya terjadi dalam kehadiran oksigen, tetapi bakteri ini juga dapat tumbuh dalam kondisi *anaerob* jika terdapat sumber alternatif untuk respirasi. *Escherichia coli* memiliki waktu generasi yang relatif pendek, yaitu sekitar 20-30 menit pada kondisi optimal. Ini berarti bahwa bakteri ini dapat berkembang biak dengan cepat dalam kondisi yang sesuai. (Tille, P. M. (2017).

2.6 Resistensi Antibakteri

Sejak awal penemunya oleh *Alexander Fleming* pada tahun 1928, antibiotik telah memberikan kontribusi yang efektif dan positif terhadap kontrol infeksi bakteri pada manusia dan hewan. namun sejalan dengan perkembangan dan penggunaan tersebut, banyak bukti atau laporan yang menyatakan bahwa bakteri-bakteri patogen menjadi resisten terhadap antibiotik. resistensi ini menjadi masalah kesehatan utama sedunia. penggunaan antibiotika ini (pada manusia dan hewan) akan menghantarkan munculnya mikroorganisme resisten, tidak hanya sebagai target antibiotik tersebut, tetapi juga mikroorganisme lain yang memiliki habitat sama dengan mikroorganisme (Stiaji, 2009) resistensi antibiotik merupakan masalah penting bagi orang-orang yang bekerja di klinik.

2.7 Identifikasi

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menyelidiki interaksi antara bakteri endofit, *staphylococcus aureus* dan *escherichia coli* dengan kemungkinan penggunaan mereka sebagai agen antiakteri. berikut adalah contoh beberapa hasil penelitian yang relevan:

"Endophytic bacteria associated with halophyte Salicornia europaea L. and their antimicrobial potential."

1. Penelitian ini mengeksplorasi bakteri endofit yang terkait dengan tanaman halofit salicornia europaea dan potensi mereka sebagai agen antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* hasilnya menunjukkan bahwa beberapa isolat bakteri endofit memiliki aktivitas antimikroba yang kuat terhadap kedua patogen tersebut (Wang et al., 2021).

"Antibacterial potential of endophytic bacteria isolated from medicinal plants against Staphylococcus aureus and Escherichia coli."

2. Penelitian ini menyelidiki potensi bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman obat dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* beberapa isolat bakteri endofit menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap kedua patogen tersebut (Oliveira et al., 2021)

Penelitian-penelitian ini menyoroti pentingnya bakteri endofit sebagai sumber potensial untuk pengembangan agen anti-bakteri baru. potensi ini memiliki implikasi yang signifikan dalam pengembangan terapi baru untuk mengatasi infeksi bakteri yang resisten terhadap antibiotik konvensional. masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme aksi bakteri endofit terhadap bakteri target dan mengidentifikasi spesies atau strain yang paling efektif.