

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Isolasi Bakteri.

Isolasi bakteri adalah memisahkan satu jenis mikroba dengan mikroba lain yang berasal dari campuran bermacam-macam mikroba. Hal ini dapat dilakukan dengan menumbuhkannya dalam media padat, sel-sel mikroba akan membentuk koloni sel yang tetap pada tempatnya. Beberapa cara atau metode untuk memperoleh biakan murni dari suatu biakan campuran dua diantaranya yang paling sering digunakan adalah metode cawan gores dan metode cawan tuang. Isolasi bakteri didasarkan pada prinsip pengenceran dengan maksud untuk memperoleh spesies individu. (Sabbathini, 2017: 59-64).

Isolasi bakteri endofit merupakan langkah awal yang penting dilakukan agar didapatkan suatu biakan murni, sehingga dapat dikaji lebih lanjut potensinya. Hal penting untuk dapat mengisolasi bakteri endofit yaitu mikroba yang hadir di permukaan tanaman harus dihilangkan terlebih dahulu sehingga harus dimulai dengan serangkaian prosedur sterilisasi permukaan. Menurut Waheeda & Shyam (2017), parameter keberhasilan dalam sterilisasi permukaan yaitu tidak tumbuhnya mikroba apapun dalam cawan kontrol hasil bilasan aquadest terakhir yang berarti bahwa bakteri yang tumbuh dalam cawan isolasi merupakan bakteri endofit yang berasal dari dalam jaringan tanaman dan bukan merupakan mikroba epifit kontaminan yang ada di permukaan sampel tanaman. (Aqlinia, 2021: 24).

Isolasi dilakukan dimulai dengan mencuci sampel dengan air mengalir hingga bersih dari kotoran yang menempel. Sampel dipotong setiap bagian daun, batang, bunga, dan akar. Secara terpisah setiap bagian seagrass selanjutnya direndam di dalam larutan natrium hipoklorit 4% selama 5 menit, kemudian direndam dalam etanol 70% selama 1 menit. Semua sampel dibilas dengan air laut steril beberapa kali sampai bau natrium hipoklorit dan etanolnya hilang. Secara terpisah, masing-masing sampel, kecuali bagian batang seagrass, dihaluskan, diambil cairannya dan diencerkan hingga 10^5 (Zulkifli, 2016: 84).

Teknik dalam isolasi dibagi menjadi 3 macam yaitu, metode gores (*streak plate*), metode tuang (*pour plate*), metode sebar (*spread plate*), dan metode pengenceran (*dilution plate*).

a. Metode gores (*streak plate*)

Isolasi dengan metode gores bertujuan untuk membuat garis sebanyak mungkin di permukaan medium biakan dengan menggunakan jarum ose sehingga terbentuk garis-garis yang semakin sedikit dan menyebabkan koloni terpisah jauh pada garis terakhir goresan (Irianto, 2012: 53).

b. Metode tuang (*pour plate*) dan metode sebar (*spread plate*),

Metode ini bertujuan untuk menentukan perkiraan jumlah bakteri aerob dan anaerob yang hidup dalam suatu cairan. Hasil perhitungan jumlah bakteri disebut koloni (Irianto, 2012: 53).

c. Metode pengenceran (*dilution plate*)

Tujuan dari teknik ini yaitu melarutkan atau melepaskan mikroba dari

substratnya ke dalam aquades steril sehingga penanganannya menjadi lebih mudah (Waluyo, 2005: 60).

2.2 Karakterisasi Bakteri.

Karakterisasi adalah proses mencari ciri spesifik yang dimiliki oleh tanaman yang digunakan untuk membedakan jenis individu dalam satu jenis suatu tanaman. Karakterisasi bertujuan membentuk gambaran tumbuhan. Deskripsi tumbuhan akan berguna pada pemilihan tetua-tetua pada acarapemuliaan. Dari kegiatan ini akan dihasilkan deskripsi tumbuhan yang penting artinya menjadi pedoman dalam pemberdayaan genetik pada acara pemuliaan(Miswarti, 2014: 166-177).

Pemilihan karakteristik mikroba diperlukan serangkaian uji, yang meliputi uji morfologi dan uji fisiologis.

a) Sifat morfologi

Morfologi bakteri yang diamati dalam penelitian ini mencakup morfologi koloni serta morfologi sel. Morfologi sel yang diamati di isolat bakteri merupakan pewarnaan gram, spora, dan gerak bakteri.

b) Sifat fisiologi

Uji fisiologi adalah uji yang dipergunakan untuk mengetahui sifat biokimia bakteri yang diisolasi dari sampel bekasam (Candra, 2007: 16).

Parameter morfologi yang bisa digunakan adalah morfologi koloni yang tumbuh dalam medium pertumbuhan dan morfologi sel yang bisa diamati memakai mikroskop menggunakan perbesaran eksklusif. Parameter morfologi koloni sel dalam medium pertumbuhan yang diamati berupa rona,

bentuk, ukuran serta letak koloni pada medium. Salah satu cara yang masih diperlukan dalam taksonomi bakteri berdasarkan Campbell (2000) antara lain adalah pewarnaan gram, cara ini digunakan dengan tujuan untuk memisahkan anggota-anggota domain bakteri ke dalam 2 grup berdasarkan dinding selnya. Bakteri gram positif mempunyai dinding sel yang lebih sederhana, dengan jumlah peptidoglikan yang relatif banyak. Dinding sel bakteri gram-negatif mempunyai peptidoglikan yang lebih sedikit serta secara struktural lebih kompleks (Sabda Ningsih, 2013: 11-17).

Struktur Bakteri terbagi menjadi dua, yaitu struktur dasar (dimiliki oleh hampir semua jenis bakteri) yang meliputi dinding sel, membran plasma, sitoplasma, ribosom, DNA, dan granula penyimpanan. kedua, struktur tambahan (dimiliki oleh jenis bakteri tertentu) yang meliputi kapsul, flagellum, pilus, fimbria, klorosom, vakuola gas, dan endospora. Struktur dan dinding sel bakteri tersusun dari peptidoglikan yaitu gabungan protein dan polisakarida. Struktur dan sel bakteri tersusun oleh membran plasma yaitu membran yang menyelubungi sitoplasma tersusun atas lapisan fosfolipid dan protein. Unit fisik terkecil dari organisme hidup adalah sel (Ismail, 2019: 28).

2. 3 Morfologi dan Anatomi 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 berbentuk batang dikenal sebagai basil, kata basil berasal dari *bacillus* yang berarti batang. Bakteri berbentuk bola dikenal sebagai *soccus*, bakteri ini juga dapat

dibedakan atas monokokus, yaitu bakteri berbentuk bola tunggal, diplokokus yaitu bakteri berbentuk bola berpegang dengan dua-dua, sarcina yaitu bakteri berbentuk bola yang berkelompok empat-empat sehingga bentuknya mirip kubus, streptokokus yaitu bakteri bentuk bola yang berkelompok memanjang berbentuk rantai.

Bentuk tubuh bakteri terpengaruh oleh keadaan medium dan oleh usia. Maka untuk membandingkan bentuk serta ukuran bakteri perlu diperhatikan bahwa kondisi bakteri itu harus sama temperatur di mana piaraan itu disimpan harus sama penyinaran oleh sumber cahaya apapun harus sama, dan usia piaraan pun harus sama. Pada bakteri umumnya dikenal 3 macam bentuk yaitu kokus, basil dan spiral (Saldainis, 2019:).

a. Kokus

Kokus berasal dari kata *coccus* yang berarti bola, jadi kokus adalah bakteri yang bentuknya serupa bola kecil. Beberapa kokus secara khas ada yang hidup sendiri-sendiri ada yang berpasangan atau rantai panjang bergantung. Caranya membelah diri dan kemudian melekat satu sama lain setelah pembelean. Kokus ada yang berdiameter 0,5 μm ada pula yang diameternya 2,5 μm (Saldainis, 2019).

b. Basil

Basil berasal dari kata *bacillus* yang artinya tongkat pendek atau barang kecil silinders. Bakteri yang berbentuk basil adalah bakteri yang bentuknya menyerupai tongkat pendek atau batang kecil silindris. Basil mempunyai bentuk dan ukuran yang beraneka ragam (Saldainis, 2019

a. Spiral

Spiral adalah bakteri yang bengkok atau tidak lurus berbentuk silindris. Bakteri yang berbentuk spiral itu tidak banyak terdapat. Spiral terbagi tiga diantaranya: *Vibrio*, *Spiral* dan *spirobecta* (Saldainis, 2019: 6-16). Bakteri tersusun atas dinding sel dan isi sel. Di sebelah luar dinding sel terdapat selubung atau kapsul. Di dalam sel bakteri tidak terdapat membran dalam (*Endomembrane*) dan organel bermembran seperti kloroplas dan mitokondria. Struktur tubuh bakteri dari lapisan luar hingga bagian dalam sel yaitu flagella, dinding sel, mesosom, lembaran fotosintetik, sitoplasma, DNA, plasmid, ribosom, dan endospora (Fifendy & Biomed, 2017: 7-10).

2. 4 Klasifikasi Bakteri

Klasifikasi bakteri dibedakan berdasarkan ukuran, bentuk dan susunannya. Unit satuan yang digunakan dalam ukuran bakteri adalah *micron* (*micrometer*) (Maharani & Endry, 2020: 15-17).

Bentuk sel bakteri dapat dibedakan beberapa jenis, yaitu:

a. *Cocci* (berasal dari kata logos yang berarti berry) adalah uniseluler, bentuk sel oval atau bulat. Beberapa konfigurasi sel bentuk ini adalah:

1. *Diplococcus*: sel *Diplococcus* membelah di bidang tertentu dan setelah pembelahan, sel-sel melekat satu sama lain. Contoh: *Diplococcus pneumoniae*.
2. *Streptococcus*: sel membelah berulang kali dalam satu bidang untuk

membentuk rantai sel. Contoh: *Streptococcus pyogenes*.

3. *Tetracoccus*: terdiri dari empat sel bulat, yang berada dalam dua bidang pada sudut siku-siku satu sama lain. Contoh: *Gaffkya tetragena*

4. *Sarcina*: sel membelah menjadi tiga bidang tetapi mereka membentuk konfigurasi seperti kubus yang terdiri dari delapan atau enam belas sel tetapi mereka memiliki bentuk yang teratur. Contoh: *Sarcina lutea*.

b. *Bacillus* (berasal dari kata baculus yang berarti batang) adalah bentuk sel seperti batang (basil). Beberapa bentuk sel basil adalah monobasil (sel bakteri bentuk basil tunggal), diplobasil (dua sel bakteri basil yang saling berdempetan), *streptobasil* (beberapa sel bakteri basil berdempetan membentuk rantai).

c. *Koma* adalah bentuk sel menyerupai tanda koma, dengan batang melengkung. Namanya berasal dari karakteristik motilitas getarannya.

d. *Spirillum* (*spiral, corkscrews*) adalah sel yang berbentuk seperti spiral (uliran), bergelombang dan memiliki struktur dinding sel yang kaku.

e. *Spirochetes* (dari *Sphaira* yang berarti kumparan dan chaite yang berarti rambut) adalah bentuk sel yang ramping dan berlekuk-lekuk (spiral) yang lentur, atau berbentuk seperti sekrup.

f. *Actinomycetes* adalah sel bakteri yang berbentuk seperti filamen dan berserabut serta bercabang. Apabila dilihat bentuk selnya mirip dengan pancaran sinar matahari.

g. *Mycoplasma*, adalah bakteri yang tidak memiliki dinding sel dan tidak memiliki morfologi yang stabil. Bakteri ini tidak bisa diwarnai dengan

pewarna Gram. Bentuk sel *Mycoplasma* kadang-kadang bulat oval atau filamen yang saling bertautan (Maharani & Endry, 2020: 15-16).

2.5 Bakteri Endofit

Pengertian Bakteri Endofit

Bakteri endofit merujuk pada bakteri yang hidup dalam jaringan tumbuhan yang sehat dan tidak menimbulkan gejala tertentu pada tumbuhan inangnya. Bakteri endofit dapat bersifat obligat atau fakultatif. Bakteri endofit obligat dapat tumbuh dan bertahan hidup tergantung pada tanaman inang. Bakteri endofit fakultatif memiliki tahapan dalam siklus hidupnya yang berada di luar tanaman inang yaitu di lingkungannya, terutama tanah. Bakteri yang paling baik beradaptasi untuk hidup dalam jaringan tanamanlah yang terseleksi secara alami sebagai endofit (Tangapo, 2020).

Bakteri endofit diketahui awalnya berasal dari lingkungan eksternal tanaman dan masuk ke dalam tanaman melalui stomata, lentisel, luka, atau melalui akar lateral dan akar yang sedang berkecambah. Umumnya jumlah bakteri endofit berkisar antara 10³ –10⁵ cfu/g jaringan tanaman. Densitas bakteri endofit paling tinggi terdapat pada bagian akar dan semakin menurun dari batang ke daun. Hal ini menunjukkan bahwa kolonisasi bakteri banyak terjadi di jaringan akar dan akar merupakan bagian utama dimana endofit masuk ke dalam jaringan tanaman (Tangapo, 2020).

Bakteri endofit yang berasal dari tanah mengkolonisasi tanaman inang pada retakan yang terdapat pada tempat munculnya akar lateral dan menyebar secara cepat pada ruang interseluler dalam akar. Selain pada tempat

munculnya akar lateral, retakan pada akar juga terjadi pada daerah pemanjangan dan diferensiasi akar. Retakan pada akar diketahui sebagai daerah utama yang dikenal sebagai hot spot untuk kolonisasi bakteri (Tangapo, 2020: 1-8).

Bakteri Toleran Kekeringan.

Bakteri endofit merupakan salah satu dari mikroba yang mempunyai sifat simbiosis mutualisme dengan tanaman inang. Bakteri endofit dapat membantu tanaman terhadap cekaman kekeringan dengan cara mengeluarkan hormon untuk memacu pertumbuhan, menambah efisiensi penyerapan unsur hara, dan meningkatkan respon stomata terhadap lingkungan. Selain itu bakteri endofit yang berpotensi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman di kondisi kering adalah *Nigrospora* Sp. Dapat meningkatkan tinggi tanaman (Yuspradan, 2017: 25).

Bakteri endofit dapat berfungsi meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan perannya sebagai PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*) yaitu mereka langsung mempengaruhi metabolisme tanaman dengan menyediakan zat yang dibutuhkan tanaman seperti nitrogen, fosfat, atau besi, atau *1-aminocyclopropane-1-carboxylate* (ACC) *deaminase* yang dapat mengurangi tingkat cekaman yang dialami oleh tanaman (Yulianti, 2014: 113-123).

Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) akan menginduksi ketahanan toleransi sistemik pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan melalui perubahan fisik dan kimia. PGPB akan memberikan efek yang menguntungkan yaitu merangsang pertumbuhan tanaman melalui biosintesis pertumbuhan tanaman dengan mempromosikan hormon atau memfasilitasi

penyerapan nutrisi tertentu dari tanah (Lia & Kim, 2013: 373- 382).

Peran Bakteri Endofit Dalam Menginduksi Tanaman Terhadap Kekeringan.

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup di dalam jaringan tumbuhan serta mampu membentuk suatu koloni dalam jaringan tumbuhan tanpa memberikan efek negatif pada inangnya. Beberapa jenis bakteri endofit diketahui mampu menghasilkan senyawa aktif yang bersifat antibiotik, anti malarial, dan anti fungi. Kemampuan bakteri endofit menghasilkan senyawa aktif tersebut merupakan potensi yang dapat dikembangkan mengingat umumnya senyawa aktif diperoleh dengan mengekstraksi senyawa dari bakteri (Ukhradiya, 2014: 52).

Bakteri endofit berpotensi meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan sehingga tanaman memiliki kemampuan untuk beradaptasi terhadap kondisi lingkungan. Bakteri endofit memiliki peran penting dalam memberikan perlawanan dan meningkatkan toleransi terhadap kekeringan pada tanaman. Salah satu penelitian yang pernah dilakukan Gagne Bourque (2016) pada tanaman Timotius (*Phleum pratense* L.) yang diinokulasikan *Bacillus subtilis* B26 hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit *B. subtilis* B26 dapat memainkan peran penting dalam memberikan perlawanan dan meningkatkan toleransi kekeringan pada tanaman.

Peningkatan laju pertumbuhan dan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan telah diteliti pada *Brachypodium distachyon* yang telah diinokulasikan dengan *B. subtilis* B26. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi *B. subtilis strain* B26 pada *B. distachyon* dapat meningkatkan

pertumbuhan akar, meningkatkan pertumbuhan benih, dan menyebar secara sistemik dalam tanah yang meliputi jaringan, organ serta biji tanaman dibanding dengan kontrol tanpa perlakuan *B. subtilis* B26. Disamping itu benih tanaman yang telah diinokulasikan dengan *B. subtilis* B26 dapat meminimalkan efek cekaman yang ditimbulkan yang tampak dari penampakan genotipe dibanding dengan tanaman tanpa perlakuan (Gagne, 2015: 1-23).

Peran Bakteri Endofit Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman

Bakteri endofit dapat berfungsi meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan perannya sebagai PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*) yaitu mereka langsung mempengaruhi metabolisme tanaman dengan menyediakan zat yang dibutuhkan tanaman (Farrar, 2014). Mekanisme endofit dalam merangsang pertumbuhan tanaman dilakukan dengan kemampuan menambat N₂ dan memacu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan fitohormon (asam indolasetat, sitokinin, giberelin), dan melarutkan P yang terikat menjadi tersedia melalui asam-asam organik dan menghasilkan beberapa enzim seperti etilen, giberelin, auksin serta sitokinin (Huang, 2014: 267-275).

Bakteri endofit memiliki kemampuan untuk memaksimalkan metabolisme dan meningkatkan asupan hara tanaman inang. Kontribusi bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme yang meliputi pembentukan hifa ekstrak-akar untuk penyerapan nutrisi, stimulasi pertumbuhan akar dengan memanipulasi konsentrasi fitohormon dan metabolit lainnya (Ryan, 2008: 1-9).

Habitat Bakteri Endofit

Bakteri endofit merupakan bakteri yang berada di semua jaringan tumbuhan seperti akar, batang dan daun. Di dalam jaringan tanaman bakteri berada di ruang antar sel atau dalam jaringan pembuluh. Bakteri endofit sebagai agen pemicu pertumbuhan memiliki kelebihan dibandingkan agen biokontrol lainnya karena keberadaannya dalam jaringan tanaman, sehingga mampu bertahan terhadap tekanan biotik dan abiotik (Yulmira, 2017: 51).

Menurut Ruby (2011), bakteri endofit dapat ditemukan di hampir pada semua bagian tanaman inang termasuk akar, batang, daun, biji, buah, umbi, dan juga dalam noduul tanaman legume. Demikian juga menurut Sulistiyanti (2014) yang menemukan bakteri endofit pada semua bagian tanaman *Curcuma zedoaria*. (Sulistiyanti & Lisdayanti, 2016: 255).

Tanaman Mangrove.

Definisi Mangrove.

Mangrove merupakan jenis tumbuhan yang memiliki kemampuan beradaptasi pada kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti pada tanah yang tergenang, lingkungan air dengan kadar garam tinggi, dan kondisi tanah yang tidak stabil. Tumbuhan mangrove tumbuh di daerah pasang surut seperti pada laguna, muara sungai dan daerah terlindung. Hutan mangrove lebih dikenal dengan sebutan hutan bakau yang merupakan salah satu jenis tumbuhan yang menyusun ekosistem hutan mangrove. Hutan mangrove di Indonesia mempunyai banyak sekali manfaat baik dari aspek ekonomi, sosial, dan ekologi. Habitat yang terdapat pada hutan mangrove lebih bervariasi dibanding dengan hutan daratan,

dikarenakan adanya interaksi komponen penyusun ekosistem yang kompleks. Ekosistem yang terdapat pada hutan mangrove tidak terpengaruh iklim, melainkan sangat terpengaruh oleh faktor dalam pembentukan ekosistemnya (Zakaria, 2020: 34).

Mangrove (bakau) adalah ekosistem yang berada di daerah tepi pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga lantainya selalu tergenang air. Ekosistem mangrove berada di antara level pasang naik tertinggi sampai level di sekitar atau di atas permukaan laut rata-rata pada daerah pantai yang terlindungi. Supriharyono (2009) menerangkan bahwa mangrove menjadi pendukung berbagai jasa ekosistem di sepanjang garis pantai di kawasan tropis (Donato, 2012: 89-96). Manfaat ekosistem mangrove yang berhubungan dengan fungsi fisik adalah sebagai mitigasi bencana seperti peredam gelombang dan angin badai bagi daerah yang ada di belakangnya, pelindung pantai dari abrasi (Senoaji & Hidayat. 2016: 337).

Ekosistem hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem yang memiliki produktivitas tinggi dibandingkan ekosistem lain dengan dekomposisi bahan organik yang tinggi, dan menjadikannya sebagai mata rantai ekologis yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup yang berada di perairan sekitarnya. Materi organik menjadikan hutan mangrove sebagai tempat sumber makanan dan tempat asuhan berbagai biota seperti ikan, udang dan kepiting. Produksi ikan dan udang di perairan laut sangat bergantung dengan produksi serasah yang dihasilkan oleh hutan mangrove. Berbagai kelompok moluska ekonomis juga sering ditemukan berasosiasi dengan tumbuhan penyusun hutan

mangrove (Karimah, 2017: 51-58).

Hutan mangrove adalah sejumlah komunitas tumbuhan pantai tropis dan subtropis yang didominasi oleh pohon dan semak tumbuhan bunga (*Angiospermae*) terestrial yang dapat menginvasi dan tumbuh di lingkungan air laut. Menurut Noor (2006) masyarakat di kawasan pesisir atau sekitar hutan mangrove banyak menggunakan tumbuhan mangrove sebagai bahan sandang, pangan, dan papan. Produk hutan mangrove yang sering dimanfaatkan manusia adalah kayu yang digunakan sebagai bahan bakar, bahan membuat perahu, tanin untuk pengawet jaring, lem, bahan pewarna kain dan lain-lain. (Rosyada, 2018: 62-70).

Macintosh & Ashton (2002) menyatakan bahwa mangrove merupakan ekosistem yang berada pada wilayah intertidal, dimana pada wilayah tersebut terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai, dan terestrial. Dengan adanya interaksi ini menjadikan ekosistem mangrove mempunyai keanekaragaman yang tinggi berupa flora dan fauna laut, tawar, dan spesies daratan (Maruti et al., 2019: 23).

Pengelolaan hutan mangrove merupakan hal yang penting dalam mengupayakan pelestarian lingkungan di kawasan pesisir. Ekosistem mangrove berada di daerah tepi pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga lantainya selalu tergenang air. Ekosistem mangrove berada di antara level pasang naik tertinggi sampai level di sekitar atau di atas permukaan laut rata-rata pada daerah pantai yang terlindungi, dan menjadi pendukung berbagai jasa ekosistem di sepanjang garis pantai di kawasan tropis (Utomo, 2017: 117-123).

Karakteristik Mangrove

Hutan mangrove yang biasanya juga disebut bakau mempunyai karakteristik yang khas, mengingat hidupnya berada di saha eko toner yaitu perairan dan daratan. Karakteristik mangrove ini terutama mampu berada pada kondisi salin dan tawar, tidak terpengaruhi iklim. Hutan mangrove terdapat di daerah pasang surut pantai berlumpur yang terlindungi dari gerakan gelombang dan dimana ada pasokan air dan partikel-partikel sedimen yang halus melalui permukaan air.

Karakteristik habitat yang menonjol di daerah hutan mangrove diantaranya adalah tumbuhan pada daerah intertidal yang jenis tanahnya berlumpur, berlempung, atau berpasir, daerah atau lahan tergenang air laut. Menurut Aksonkoe (1993) mangrove dapat tumbuh dengan baik di substrat berlumpur dan perairan pasang yang menyebabkan kondisi anaerob, hal ini disebabkan mangrove memiliki akar khusus yang berfungsi sebagai penyangga sekaligus penyerap oksigen dari udara di permukaan air secara langsung.

Adapun karakteristik lainnya dari kenampakan hutan mangrove, terlepas dari habitatnya yang unik yaitu: memiliki jenis pohon yang relatif sedikit. Memiliki akar tidak beraturan (*Pneumatofora*) misalnya seperti akar yang mencuat vertikal seperti pensil pada api-api *Avicennia* sp. Serta jangkar melengkung dan menjulang pada bakau *Rhizophora* sp. (Rahim Sukirman, 2017: 6).

Jenis-jenis Tumbuhan Mangrove.

Mangrove merupakan ekosistem yang berada pada wilayah intertidal,

dimana pada wilayah tersebut terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai dan terestrial. Interaksi ini menjadikan ekosistem mangrove mempunyai keanekaragaman yang tinggi baik berupa flora maupun fauna (Maruti, 2013: 23).

1. *Avicennia sp.* Di Indonesia dikenal dengan nama api-api, dimana dicirikan dengan perakaran yang berbentuk pincil menonjol dari permukaan air yang berfungsi sebagai akar nafas. Akar nafas yang dimiliki oleh mangrove jenis ini merupakan akar yang berbentuk seperti pensil atau kerucut yang menonjol ke atas. Akar nafas terbentuk dari perluasan akar yang tumbuh secara horizontal. Di Indonesia dikenal 5 (lima) jenis api api, yaitu *A. alba*, *A. eucalyptifolia*, *A. lanata*, *A. marina*, dan *A. officinalis*.

2. Jeruju *Acanthus sp.* yang bermanfaat sebagai obat. Ciri khasnya terletak pada daun yang meruncing tajam bagaikan duri.

3. *Rhizophora sp.* Ada tiga jenis yang tergolong dalam marga ini, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora stylosa*. Jenis-jenis ini dikenal dengan nama bakau, dan merupakan jenis yang umum di hutan mangrove. Pohon-pohon jenis ini mudah dikenal karena bentuk perakarannya yang menyerupai jangkar, tinggi pohon dewasa dapat mencapai 30-40 m, batangnya besar dan daunnya selalu hijau mengkilap permukaannya (Faridhatul, 2018).

Bahan Ajar

Pengertian Bahan Ajar

Bahan ajar merupakan bagian dari sumber belajar. Bahan ajar atau *teaching material* terdiri atas dua kata yaitu *teaching* atau mengajar dan material atau bahan. Melaksanakan pembelajaran (*teaching*) diartikan sebagai proses menciptakan dan mempertahankan suatu lingkungan belajar yang efektif (Rapi, 2012: 20).

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu pendidik dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas. Bahan yang dimaksud bisa berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis. Sedangkan menurut Dikmenum dikemukakan bahwa, bahan ajar merupakan seperangkat materi/substansi pembelajaran (*teaching material*) yang disusun secara sistematis, menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai siswa dalam kegiatan pembelajaran. Lebih lanjut disebutkan bahwa bahan ajar berfungsi sebagai:

1. Pedoman bagi pelajar yang akan mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran.
2. Pedoman bagi siswa atau mahasiswa yang akan mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran.
3. Alat evaluasi pencapaian/penguasaan hasil pembelajaran.

Abdul majid (2013) mengemukakan bahwa bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instructor dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Bahan yang dimaksud bisa berupa

bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis. Bahan ajar memungkinkan siswa dapat mempelajari kompetensi dasar secara runtut dan sistematis. pengelompokan bahan ajar adalah media tulis, audio visual, elektronik dan interaktif terintegrasi yang kemudian disebut sebagai media terintegrasi atau media mix. Sebab bahan ajar paling tidak mencakup antara lain:

1. Petunjuk belajar (petunjuk siswa/guru)
2. Kompetensi yang akan dicapai
3. Informasi pendukung
4. Latihan-latihan
5. Petunjuk kerja, dapat berupa Lembar Kerja (LK)
6. Evaluasi.

Bahan ajar atau learning materials merupakan bahan pembelajaran yang secara langsung digunakan untuk kegiatan pembelajaran. Bahan ajar yang lazimnya berisikan tentang semua cakupan materi dari semua mata pelajaran. Bahannya sendiri merupakan media atau sarana yang digunakan untuk menyampaikan pesan-pesan pembelajaran, bisa berupa pesan visual, audio maupun pesan audio visual. Secara umum media dapat digunakan untuk menyampaikan pesan, dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu bahan ajar yang tercetak (*printed materials*) dan bahan ajar yang tidak tercetak (*non printed materials*) (Udin, 2009: 56-58).

Jenis-jenis Bahan Ajar

Bahan ajar merupakan seperangkat materi yang disusun secara sistematis sehingga tercipta lingkungan/ suasana yang memungkinkan siswa

belajar dengan baik. Bentuk bahan ajar dapat dikelompokkan menjadi empat yaitu:

1. Bahan cetak (printed) antara lain handout, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, *leaflet*, foto/gambar.
2. Bahan ajar dengan (audio) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan compact disk audio.
3. Bahan ajar pandang dengar (audio visual) seperti video compact disk, film.
4. Bahan ajar interaktif interactive teaching material seperti compact disk interaktif.

Bahan ajar cepat dapat ditampilkan dalam berbagai bentuk. Jika bahan ajar cetak tersusun secara baik maka bahan ajar akan mendapatkan beberapa keuntungan seperti:

1. Bahan tertulis biasanya menampilkan daftar isi, sehingga memudahkan guru untuk menunjukkan kepada peserta didik bagian mana yang sedang dipelajari.
2. Biaya untuk pengadaannya relatif sedikit.
3. Bahan tertulis cepat digunakan dan dapat dengan mudah dipindah-pindahkan.
4. Menawarkan kemudahan secara luas dan kreativitas bagi individu
5. Bahan tertulis relatif ringan dan dapat dibaca dimana saja
6. Bahan ajar yang baik akan dapat memotivasi pembaca untuk melakukan aktivitas, seperti menandai, mencatat, membuat sketsa.
7. Bahan tertulis dapat dinikmati sebagai sebuah dokumen yang bernilai besar.
8. Pembaca dapat mengatur tempo secara mandiri.

Handout adalah bahan tertulis yang disiapkan oleh seorang guru untuk memperkaya pengetahuan peserta didik. *Handout* biasanya diambil dari beberapa literatur yang memiliki beberapa relevansi dengan materi yang diajarkan/ kompetensi dasar dan materi pokok yang harus dikuasai peserta didik. *Handout* dapat diperoleh dengan berbagai cara, antara lain dengan cara mendownload dari internet atau menyadur dari sebuah buku. Buku adalah bahan tertulis yang menyajikan ilmu pengetahuan. Pengarangnya isi buku didapat dari berbagai cara misalnya: hasil penelitian, hasil pengamatan, aktualisasi, pengalaman, autobiografi, atau hasil imajinasi seseorang. Buku yang baik adalah buku yang ditulis dengan menggunakan bahasa yang baik dan mudah dimengerti, disajikan dengan cara yang menarik dilengkapi dengan gambar dan keterangan, isi buku juga menggambarkan sesuatu yang sesuai dengan ide penulisnya. Buku pelajaran berisi tentang ilmu pengetahuan yang dapat digunakan oleh peserta didik untuk belajar.

Modul adalah sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru, sehingga modul berisi paling tidak tentang segala komponen dasar bahan ajar yang telah disebutkan sebelumnya. Pembelajaran dengan modul memungkinkan seorang peserta didik yang memiliki kecepatan tinggi dalam belajar akan lebih cepat menyelesaikan satu atau lebih kompetensi dasar dibandingkan dengan peserta didik lainnya.

Leaflet adalah bahan cetak tertulis berupa lembaran yang dilipat tapi tidak dimatikan/dijahit. Agar menarik biasanya *leaflet* didesain secara

cermat dilengkapi dengan ilustrasi dan menggunakan bahasa yang sederhana, singkat serta mudah dipahami (Adila, 2017). Bahan ajar *leaflet* adalah lembaran atau selebaran yang berisi informasi pengetahuan untuk meningkatkan keterampilan/pemahaman siswa yang disertai gambar-gambar menarik. Bagi guru untuk menentukan siswa dapat belajar lebih maju sesuai dengan kecepatan masing-masing dan materi pelajaran 34 dapat dirancang sedemikian rupa sehingga mampu memenuhi kebutuhan siswa, baik cepat maupun yang lambat membaca dan memahami (Agustianingsih, 2018).

Tujuan dan Manfaat Penyusunan Bahan Ajar.

Menurut (Sofan, 2010) tujuan dari penyusunan bahan ajar yaitu sebagai berikut:

1. Menyediakan bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan kurikulum dengan mempertimbangkan kebutuhan peserta didik, yakni bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik dan setting atau lingkungan peserta didik.
2. Membantu peserta didik dalam memperoleh alternatif bahan ajar disamping buku-buku teks yang terkadang sulit diperoleh.
3. Memudahkan guru dalam melaksanakan pembelajaran.

Manfaat dari penyusunan bahan ajar yaitu sebagai berikut:

1. Bahan ajar yang diperoleh sesuai tuntutan kurikulum dan sesuai dengan kebutuhan belajar peserta didik.
2. Tidak lagi tergantung kepada buku teks yang terkadang sulit untuk diperoleh.
3. Memperkaya karena dikembangkan dengan menggunakan berbagai

referensi

4. Menambah khasanah pengetahuan dan pengalaman guru dalam menulis bahan ajar.
5. Membangun komunikasi pembelajaran yang efektif antara guru dengan peserta didik akan merasa lebih percaya kepada gurunya.
6. Menambah angka kredit jika dikumpulkan menjadi buku dan diterbitkan.
7. Kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik.
8. Kesempatan untuk belajar secara mandiri dan mengurangi ketergantungan terhadap kehadiran guru.
9. Mendapatkan kemudahan dalam mempelajari setiap kompetensi yang harus dikuasai.

Prosedur Pengembangan Bahan Ajar

1. Memilih Topik Bahan Pembelajaran yang Sesuai

Langkah pertama yang perlu disiapkan dan dipelajari tatkala akan menyusun bahan ajar adalah kurikulum dari suatu bidang studi atau mata pelajaran yang akan disusun bahan ajarnya. Kurikulum digunakan sebagai acuan, baik yang berkaitan dengan tujuan mata pelajaran, tujuan setiap topik, struktur material bahan ajar, rancangan strategi dan pengembangan untuk kegiatan evaluasi. Langkah selanjutnya adalah mempelajari struktur materi dan bahan ajar yang dikembangkan dan yang terakhir pada tahap ini yakni mengumpulkan berbagai sumber yang diperlukan baik yang terkait dengan buku-buku, makalah, dan bahan-bahan lain yang akan digunakan sebagai pelengkap bagi penulisan bahan ajar selanjutnya (Udin, 2009: 56-58).

2. Menetapkan Kriteria.

Kriteria yang dimaksud merujuk pada standar bahan pembelajaran yang hendak dikembangkan. Adapun kriteria bahan pembelajaran yang baik dapat diuraikan seperti dibawah ini:

1. Konten informasi yang dikembangkan dalam bahan pembelajaran dihubungkan dengan pengalaman pembelajar.
2. Pembelajar menyadari tentang pentingnya informasi yang disajikan dalam bahan pembelajaran. Informasi yang dituangkan dalam bahan pembelajaran tersedia dan mudah diperoleh paling tidak dalam bahan yang dikembangkan.
3. Bahan pembelajaran terorganisasikan dengan baik sehingga memudahkan bagi pembelajar untuk mempelajarinya.
4. Gaya penulisan sangat jelas dan dapat dipahami dengan baik
5. Penggunaan kosa-kata dan bahasa sesuai dengan umur dan tingkat sekolah dan didterima di kalangan umum.
6. Kata-kata sulit dan istilah-istilah teknik dijabarkan dan dijelaskan dalam bahan pembelajaran yang dikembnagkan (Yaumi, 2012).

3. Menyusun Bahan Ajar yang Baru

Informasi dan referensi yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis dengan mengelompokkan, menghasilkan, mengurutkan, menyeleksi, mengambil saripati, menyimpulkan dan memverifikasi agar tidak terjadi penulisan informasi yang sama dalam topik. Berdasarkan data dan informasi yang mudah terverifikasi tersebut, kemudian disusun atau ditulis dalam bentuk unit-unit atau satuan-satuan kecil yang membangun draft awal dari bahan

pembelajaran. Draft tersebut perlu dilakukan pengecekan menyangkut akurasi informasi yang dituangkan maupun kesalahan pengetikan, huruf, kutipan dan berbagai istilah yang mungkin kurang relevan untuk digunakan.

Penelitian Relevan

Penelitian relevan merupakan tinjauan penulis berupa penelitian-penelitian terdahulu yang ditulis baik dalam sebuah jurnal penelitian, buku atau sumber lain sehingga dijadikan sebagai rujukan atau perbandingan penulis terhadap penelitian yang dilaksanakan. Adapun penelitian relevan yang berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan, sebagai berikut:

1. Maulida Aqlinia/ 2020, dengan judul Isolasi Bakteri Endofit Bangle (*Zingiber cassumunar* Roxb.) dan Uji kemampuan menginduksi tanaman dari kekeringan. Dengan metode eksperimental menggunakan desain percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: (1). Bakteri endofit berhasil diisolasi dari bagian daun, batang, rimpang dan akar tanaman Bangle dengan total 16 isolat; (2). Hasil skrining diperoleh 3 isolat potensial yang memiliki kemampuan dalam menginduksi kekeringan; (3). Hasil uji bakteri supernatan isolat endofit potensial memiliki hormon untuk memacu pertumbuhan, menambah efisiensi penyerapan unsur hara dan meningkatkan respon stomata terhadap tumbuhan.
2. Heny Wulandari/ 2021, dengan judul Isolasi Dan Pengujian Bakteri Endofit Dari Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) Sebagai Antagonis Terhadap Patogen Hawar Beludru (*Septobasidium* sp.). Dengan metode hitung dengan

menggunakan rumus indeks keanekaragaman Shannon. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: (1). Hasil isolasi bakteri endofit diperoleh sebanyak 28 isolat bakteri yang diisolasi dari jaringan batang dan buah tanaman lada, 9 isolat bakteri ditemukan pada jaringan batang lada sehat dan 8 isolat bakteri dari jaringan batang lada sakit, serta 5 isolat bakteri pada jaringan buah lada sehat dan 6 bakteri pada jaringan buah lada sakit ; (2). Nilai tertinggi dari indeks keanekaragaman jenis bakteri terdapat pada jaringan buah lada sakit yaitu sebesar 1,39; (3). Isolat bakteri endofit dari jaringan tanaman lada yang memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan *miselium Septobasidium* sp.

3. Ukhradiya Magharaniq Safira Purwanto/ 2014, dengan judul Isolasi Bakteri Endofit Dari Tanaman Sirih Hijau (*Piper Betle* L.) Dan Potensinya Sebagai menginduksi kekeringan dengan metode penapisan isolat bakteri endofit potensial. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan Uji penapisan isolat bakteri endofit terhadap 4 jenis bakteri menunjukkan bahwa terdapat 3 isolat yang memiliki potensi dalam menginduksi kekeringan.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Zulkifli pada tahun 2018, dengan judul “Isolasi, Karakterisasi Dan Identifikasi Bakteri Endofit Kulit Batang Srikaya (*Annona Squamosa*) Dan Potensinya Sebagai Antibakteri” Temuan dari penelitian yakni Isolasi bakteri endofit kulit batang srikaya (*Annona squamosa*) didapatkan 13 koloni bakteri endofit dengan rincian 8 diisolasi dengan media TSA dan 5 diisolasi dengan media NA 2, Karakterisasi telah dilakukan pada bakteri endofit yang mampu menghambat bakteri patogen dengan hasil identifikasi bakteri endofit kulit batang srikaya (*Annona*

squamosa) yang mampu menghambat bakteri patogen adalah: *B. brevis*, *B. laterosporus*, *Virgibacillus pantothenicus*, *B. circulans*.

Kerangka Berpikir

Akar tumbuhan merupakan bagian dari organ tumbuhan yang memiliki peran penting dalam menahan berdirinya tumbuhan dan menyerap air serta nutrisi ke dalam tubuh tumbuhan. Daerah pengakaran merupakan tempat aktif dari biogeokimia yang mengendalikan proses metabolisme tumbuhan untuk memelihara keberlangsungan hidup tumbuhan. Hal ini dikarenakan pada daerah pengakaran banyak terdapat bahan-bahan yang menguntungkan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Bahan atau senyawa kimia itu berasal dari sekresi serta eksudat akar, dan secara simbiosis melalui kegiatan mikroorganisme tersebut. Bahan-bahan kimia yang ada di dalam tanah dapat menjadi bentuk tersedia bagi tanaman.

Pemilihan tanaman mangrove dalam penelitian isolasi dan karakterisasi bakteri endofit toleran kekeringan pada tanaman mangrove adalah dikarenakan ekosistem mangrove yang berada pada wilayah intertidal, dimana di wilayah tersebut terjadi interaksi antara perairan laut, payau, sungai, dan terestrial. Dengan adanya hubungan ini menghasilkan ekosistem mangrove yang mempunyai keanekaragaman yang tinggi.

Beberapa tumbuhan mangrove telah ditemukan senyawa triterpenoid. Triterpenoid adalah senyawa metabolit sekunder turunan terpenoid yang mempunyai sifat anti mikroba, antijamur, anti virus, anti

parasit, anti hiperglikemik, anti alergi, anti radang, antispasmodik, imunomodulator, dan kemoterapeutik. Sehingga dalam penelitian ini diharapkan bakteri endofit yang terdapat pada tumbuhan mangrove mampu menginduksi cekaman kekeringan pada tanaman lain sehingga mampu meningkatkan daya tumbuh tanaman. Setelah didapatkan hasil penelitian, dari hasil penelitian ini akan dibuatkan media pembelajaran sebagai media alternatif tambahan belajar berupa *Leaflet*. Kerangka pikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir.



