

BAB II

KAJIAN TEORETIK

2.1 Kajian Teoretik dan Hasil Penelitian yang Relevan

2.1.1 Pengertian Bakteri

Bakteri berasal dari kata “Bakterion” (bahasa Yunani) yang berarti tongkat atau batang. Sel-selnya khas : berbentuk bola, batang dan spiral. Ukuran diameter 0,5-1,0 μm panjang 1,5-2,5 μm . Bakteri hidup pada suhu 0° dan 90° . bakteri menimbulkan beberapa perubahan kimiawi pada substansi yang ditumbuhinya, mereka mampu menghancurkan banyak zat. Beberapa bakteri menimbulkan penyakit pada binatang termasuk manusia, tumbuhan dan protista lainnya. Cara hidup bakteri ada yang dapat hidup bebas, parasitik, saprofitik, ptogen pada manusia, hewan, dan tumbuhan (Hartati dan Lestari, 2017:62).

Menurut Subandi (2014:55) bakteri yaitu mikroorganisme bersel tunggal yang panjangnya hanya beberapa mikrometer dan memiliki morfologi berupa tongkat atau basil, kokus, sampai pada bentuk spiral. Bakteri juga dapat di temukan pada permukaan tanah, di perairan air panas, air laut, dan dibawah permukaan tanah.

2.1.2 Ciri-ciri Bakteri

Menurut Subandi (2014:69) bakteri merupakan organisme dengan ciri-ciri sebagai berikut:

1. Prokariot, yaitu mikroorganisme yang tidak memiliki membran inti;
2. Sel tunggal, mikroorganisme mikroskopik (kekecualian ada dua yang ditemukan dengan ukuran yang hampir dapat dilihat dengan mata telanjang, yaitu

Epulopiscium fishelsoni suatu bakteri berbentuk batang dengan diameter 80 μm dan panjang 200-600 μm dan *Thionargarita namibiensis* suatu bakteri berbentuk sferik (lensa) dengan diameter 100-750 μm ;

3. Umumnya berukuran lebih kecil daripada sel eukariot;
4. Sangat kompleks meskipun ukurannya kecil.

2.1.3 Bentuk Tubuh Bakteri

Menurut Mahata, *dkk* (2008:11) Bentuk morfologi bakteri dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. Bentuk basil (bacillus)

Basil berbentuk seperti tongkat pendek, agak silindris, bentuk basil meliputi sebagian besar bentuk bakteri.

2. Bentuk coccus (bulat)

Bentuk coccus adalah bentuk bakteri seperti bola-bola kecil, golongan bakteri ini tidak sebanyak basil. Baik dalam bentuk basil maupun coccus, secara kelompok dapat berupa:

- a. Seperti rantai bergandengan panjang= streptobasil atau streptococcus
- b. Berdua-dua bergandengan= diplococcus
- c. Mengelompok berempat= Tetracoccus
- d. Bergerombol seperti anggur= Staphylococcus
- e. Berkelompok seperti kubus= sarcina

3. Bentuk Spiral

Bentuk spiral adalah bakteri yang berbentuk spiral atau panjang bengkok-bengkok.

Golongan ini tidak banyak dibandingkan dengan basil dan coccus.

4. Bentuk Vibrio (Koma)

Bentuk vibrio adalah bentuk seperti batang bengkok dan seperti tanda koma.

5. Bentuk Spirocheta (Spirochet)

Bentuk spirocheta adalah bentuk seperti batang berbelit-belit, panjang dan banyak belitannya.

2.1.4 Anatomi/Struktur Sel Bakteri

Menurut Harti (2015:14), struktur sel bakteri terdiri dari:

a. Dinding Sel

Merupakan struktur kompleks, semi kaku, dengan tebal 10-23 nanomikron dan mengelilingi membran sitoplasma; berfungsi memberi bentuk sel dan melindungi isi sel dari pengaruh luar sel. Tersusun makromolekul peptidoglikan (murein) yang terdiri dari disakarida dan polipeptida. Disakarida terdiri dari monosakarida yang merupakan *N-acetylglucosamine* (NAG) dan *N-acetylmuramic acid* (NAM).

b. Membran plasma

Membran Plasma merupakan struktur tipis di bawah dinding sel dan membungkus sitoplasma sel, tersusun fosfolipid dan protein membentuk struktur *fosfolipid bilayer* yang terdiri dari bagian “kepala dan ekor”. Bagian kepala tersusun dari fosfat dan gliserol, sehingga bersifat hidrofil (polar dan larut air), bagian ekor tersusun dari asam lemak sehingga bersifat hidrofob (nonpolar dan tidak larut air). Gugus polar kedua permukaan dan gugus nonpolar pada bagian dalam bilayer. Tidak mengandung sterol, sehingga kurang *rigid* dari membran

eukariotik; berfungsi sebagai membran selektif permiabel (semipermiabel) yaitu barier selektif terhadap bahan atau materi yang masuk dan keluar sel.

Pertukaran zat melalui membran sel melalui:

1. Proses pasif (*passive procces*) yang meliputi:
 - a. *Simple diffusion*, merupakan proses perpindahan zat yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan osmotik isi sel dengan lingkungannya.
 - b. *Facilitated diffusion*, merupakan proses difusi pasif dengan perantara protein pembawa (*carrier protein*), molekul yang di transport seperti glukosa dan asam amino.
 - c. *Osmosis*, merupakan proses pertukaran zat pelarut dari tempat yang berkonsentrasi rendah menuju tempat dengan konsentrasi tinggi melalui membran semi permeabel.
2. Proses aktif (*active procces*) meliputi:
 - a. Transport aktif, merupakan pertukaran zat yang membutuhkan energi dan transport protein tanpa terjadi perubahan senyawa.
 - b. Translokasi gugus, merupakan pertukaran zat yang membutuhkan energi dan transport protein tanpa terjadi perubahan senyawa.
 - c. Sitoplasma, sebagai substansi sel dalam membran plasma, bagian ini tersusun dari air (805%), proteinj, karbohidrat, lipid, ion anorganik, senyawa dengan berat molekul rendah; bersifat tebal, semi transparan dan elastis.

2.1.5 Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan bakteri dalam suatu medium mengalami fase-fase yang berbeda, yang berturut-turut disebut dengan fase lag, fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Pada fase kematian eksponensial tidak diamati pada kondisi umum pertumbuhan kultur bakteri, kecuali bila kematian dipercepat dengan penambahan zat kimia toksik, panas atau radiasi. Dalam pertumbuhannya setiap makhluk hidup membutuhkan nutrisi yang mencukupi serta kondisi lingkungan yang mendukung demi proses pertumbuhan tersebut, termasuk juga bakteri. Kebutuhan mikroorganisme untuk pertumbuhan dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu: kebutuhan fisik dan kebutuhan kimiawi. Aspek fisik dapat meliputi suhu, pH dan tekanan osmotik, sedangkan kebutuhan kimia meliputi air, sumber karbon, nitrogen, oksigen, mineral dan faktor penumbuh (Fifendy, 2017:123).

Menurut James, *dkk.* (2008:112) mikroorganisme akan tumbuh jika mendapat zat gizi dan berada dalam kondisi yang tepat untuk pertumbuhan. Sebagian besar bakteri bersifat aerob dan membutuhkan oksigen bebas untuk tumbuh, tetapi ada juga bakteri anaerob yang dapat tumbuh tanpa oksigen. Bakteri anaerob ini tumbuh pada luka yang dalam dimana terdapat jaringan mati. Bakteri anaerob fakultatif dapat tumbuh dengan atau tanpa oksigen. Mikroorganisme tumbuh sangat cepat dibandingkan hewan dan tumbuhan. Karena ukurannya yang kecil, maka pengukuran pertumbuhan mikroorganisme melalui pertumbuhan ukutan atau berat sangat sulit. Oleh karena itu, pengukuran pertumbuhan mikroorganisme dihitung berdasarkan jumlah sel atau jumlah partikel dalam suatu populasi. Jika zat gizi habis atau kondisi berubah, maka bakteri akan berhenti tumbuh.

2.1.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri

Menurut Fifendy (2017:124-126) terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri, yaitu:

1. Tingkat Keasaman (pH)

Kebanyakan mikroba tumbuh baik pada pH sekitar netral dan pH 4,6-7,0 merupakan kondisi optimum untuk pertumbuhan bakteri, sedangkan kapang dan khamir tumbuh pada pH yang lebih rendah.

2. Suhu (Temperatur)

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba. Setiap mikroba mempunyai kisaran suhu dan suhu optimum tertentu untuk pertumbuhannya. Berdasarkan kisaran suhu pertumbuhan, mikroba dibedakan atas tiga kelompok sebagai berikut:

- a. Psikrofil, yaitu mikroba yang mempunyai kisaran suhu pertumbuhan pada suhu 0-20°C.
- b. Mesofil, yaitu mikroba yang mempunyai kisaran suhu pertumbuhan 20-45°C
- c. Termofil, yaitu mikroba yang suhu pertumbuhannya diatas 45°C

3. Nutrien

Mikroba sama dengan makhluk hidup lainnya, memerlukan suplai nutrisi sebagai sumber energi dan pertumbuhan selnya. Unsur-unsur dasar tersebut adalah: karbon, nitrogen, hidrogen, oksigen, sulfur, fosfor, zat besi dan sejumlah kecil logam lainnya. Ketiadaan atau kekurangan sumber-sumber nutrisi ini dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian.

4. Oksigen

Mikroba mempunyai kebutuhan oksigen yang berbeda-beda untuk pertumbuhannya. Berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, mikroba dibedakan atas 4 kelompok sebagai berikut:

- a. Aerob, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya.
- b. Anaerob, yaitu mikroba yang tumbuh tanpa membutuhkan oksigen.
- c. Anaerob fakultatif, yaitu mikroba yang dapat tumbuh dengan atau tanpa adanya oksigen.
- d. Mikroaerofil, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen pada konsentrasi yang lebih rendah daripada konsentrasi oksigen yang normal di udara.

2.1.7 Peranan Bakteri

Menurut Ramadhan (2015:89) Mikroorganisme mampu bersimbiosis dengan organisme lain dan mempengaruhi kondisi lingkungannya karena sifatnya yang berkembang cepat pada kondisi substansi yang mendukung hidup dan perkembangannya. Interaksi dengan organisme lain dapat juga bersifat parasitik atau merugikan dan menjadi patogen.

a. Bakteri yang menguntungkan

Bakteri yang hidup di sekitar akar tumbuhan atau rhizosfir dapat berperan sebagai pengikat nitrogen bebas dari udara. Gas nitrogen yang bebas di udara menjadi senyawa yang terikat pada suatu media leghaemoglobin bintil akar tumbuhan famili leguminosae. Tumbuhan tidak dapat mengikat atau memfiksasi gas nitrogen bebas dari udara secara mandiri. Kolaborasi ini merupakan simbiosis mutualistik, tumbuhan dapat memanfaatkan senyawa nitrogen yang dihasilkan oleh metabolisme bakteri

dalam bintil akar, dan bakteri mendapat energi dari cairan akar. Selain itu, Bakteri menguntungkan memproses bahan organik menjadi senyawa yang dibutuhkan tanaman, hewan atau manusia. Jenis-jenis mikroba atau bakteri yang menguntungkan karena menghasilkan zat-zat hara yang diperlukan tumbuhan diantaranya rhizobium, azolla dan mikoriza.

b. Bakteri yang Merugikan

Bakteri yang merugikan melakukan aktivitas dekomposisi menjadi bahan yang beracun bagi tanaman, hewan atau manusia. Kurang lebih 200 jenis bakteri dapat menyebabkan penyakit tanaman. Jenis-jenis bakteri ini terutama berbentuk batang dan hanya terdiri dari enam genus (marga) yaitu: *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Corynebacteriaceae*, *Erwinia*, *Streptomyces* dan *Xanthomonas* (Hasruddin dan Husna, 2014:82).

2.1.8 Bakteri Endofit

Dalam seperempat abad belakangan ini, informasi mengenai peranan mikroba endofit di alam telah berkembang sangat pesat. Kemampuannya untuk melakukan kolonisasi pada jaringan internal tanaman menyebabkan endofit mempunyai nilai bagi perkembangan penampakan tanaman tersebut. Istilah tersebut diambil dari kata “endo” yang berarti didalam dan “phyte” yang berarti tumbuhan, yakni mikroba (jamur dan bakteri) yang hidup dalam tumbuhan baik pada daun, dahan dan batang, akar dan tidak menyebabkan kerusakan pada inangnya yang belakangan diketahui sangat bermanfaat dalam melindungi tanaman terhadap serangan hama dan patogen. Istilah endofit pertama kali diperkenalkan oleh De Bary pada tahun 1866 untuk membedakan jamur yang berada pada jaringan tanaman inang dan jamur epifit, yaitu

jamur yang hidup pada permukaan tanaman inang. Pada tahun 1980-an, istilah tersebut dikhususkan untuk mikroba yang hidup didalam jaringan tanaman inang yang infeksiya tidak menunjukkan adanya gejala dan bukan untuk jamur patogenetik dan mutualistik seperti mikoriza. Beberapa mikroba endofit mempunyai peranan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman karena kemampuannya dalam mengikat nitrogen udara, meningkatkan ketahanan terhadap patogen, menghilangkan kontaminan dan meningkatkan ketersediaan fosfat (Sastrahidayat,2014:50-51).

2.1.9 Bakteri Endofit Pada Akar

Keberhasilan interaksi mikroba dengan tanaman sangat ditentukan oleh kompetensi mikrob dalam mengkoloni rhizosfir. Tahapan kolonisasi meliputi tertarik, cocok/sesuai, menempel, masuk (mikroba endofit), mengkoloni dan tumbuh memperbanyak populasi serta membangun strategi untuk mempererat interaksi mikroba tertentu (misalnya mikroba endofit) mampu mengkoloni bagian dalam jaringan akar (Widyati, 2017: 41).

Bakteri yang hidup disekitar akar tumbuhan atau rhizosfir dapat berperan sebagai pengikat nitrogen bebas dari udara. Gas nitrogen yang bebas di udara menjadi senyawa yang terikat pada suatu media leghaemoglobin bintil akar tumbuhan famili leguminosae. Tumbuhan tidak dapat mrngikat atau memfiksasi gas nitrogen bebas di udara secara mandiri. Kolaborasi ini merupakan simbiosis mutualis, tumbuhan dapat memanfaatkan senyawa nitrogen yang dihasilkan oleh metabolisme bakteri dalam bintil akar, dan bakteri mendapat energi dari cairan akar (Subandi, 2014:69).

Menurut Zulkifli, *dkk.* (2016:80-93) bakteri endofit dapat masuk ke jaringan tanaman umumnya melalui akar, namun bagian tanaman yang terpapar udara langsung seperti bunga, batang, daun (melalui stomata) dan kotiledon, juga dapat menjadi jalur masuk bakteri endofit. Bakteri endofit yang telah masuk kedalam tanaman dapat tumbuh hanya di satu titik tertentu atau menyebar ke seluruh tanaman.

2.1.10 Cara Mengisolasi Bakteri Endofit

Isolasi bakteri endofit biasanya dengan menggunakan sterilisasi permukaan, Secara teoritis menurut Schulz, *dkk.* (2006:300-302), sterilisasi harus membunuh mikroba apapun pada permukaan tanaman tanpa mempengaruhi jaringan inang dan bakteri endofit. Kondisi ini digunakan untuk membunuh mikroba pada permukaan saja, tetapi kemungkinan juga beberapa bakteri endofit juga ikut mati. Secara umum, sterilisasi permukaan akar bertujuan untuk menghilangkan partikel tanah dan sebagian besar mikroba epifit pada permukaan akar dan lainnya, selain itu untuk menghilangkan sisa koloni mikroba dari permukaan akar, bahan yang umum digunakan untuk sterilisasi permukaan adalah natrium hipoklorit, etanol, dan hidrogen peroksida. Natrium hipoklorit adalah oksidan yang sangat baik. Perendaman natrium hipoklorit 3% dilakukan selama 2 menit dan perendaman pada etanol dilakukan selama 1 menit.

2.1.11 Tanaman Kaktus

Menurut Tjitrosoepomo (2007:144) terdapat Klasifikasi tanaman kaktus berdasarkan kedudukan dalam taksonomi tumbuhan yaitu:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Caryophyllales
Famili : Cactaceae
Genus : *Cereus*
Spesies : *Cereus repandus* Mill.

Tanaman kaktus *Cereus repandus* Mill. dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Tanaman *Cereus repandus* Mill.

Menurut Rukmana (1998:18) kaktus merupakan tanaman sekulen sehingga mampu bertahan hidup dalam kekeringan yang cukup lama dan dalam kondisi miskin air sekalipun sehingga habitat kaktus berada pada tanah yang kering. Ciri-ciri tanaman sekulen adalah mampu menyimpan air karena bagian-bagian tubuh kaktus bisa berkembang menjadi gemuk, mengembang, menebal dan berdaging sehingga terbentuk ruang penyimpanan air. Morfologi beserta struktur dan fungsi kaktus adalah sebagai berikut:

- a. Akar: akar kaktus dapat berupa akar tunggang, akar cabang dan akar rambut. Beberapa jenis kaktus akarnya membengkak. Adapula yang bersifat epifit yaitu menempel pada batu karang atau pohon lain. Akar kaktus biasanya tahan terhadap kekeringan tetapi tidak tahan terhadap media atau keadaan tanah yang menggenang.
- b. Batang: batang kaktus berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan air yang berbentuk lendir atau getah yang tidak mudah menguap. Bentuk batang bulat, silindris, dan batang seperti tiang. Ukurannya bervariasi dari pendek, sampai lebih dari 20 m. Di permukaan duri ada duri-duri.
- c. Duri: ukuran dan bentuk bervariasi dan tumbuh di bagian Areole yaitu tempat kedudukan tumbuh duri, ranting, cabang, daun dan bunga.
- d. Daun: tidak semua kaktus memiliki daun, daun berhelai satu, bertangkai pendek dan berukuran besar, fungsi daun sebagai tempat untuk fotosintesis.

2.1.12 Hasil Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian Agustina (2018:30) didapatkan tiga isolat bakteri endofit yang diisolasi dari akar tanaman bawang dayak (*Eleutherine palmifolia* L.) dan telah diidentifikasi didapatkan tiga genus yaitu *Bacillus*, *Actinobacillus* dan *Nitrosococcus*. Hasil penelitian Basri (2016:65) terdapat tiga isolat bakteri endofit yang telah diisolasi dari tanaman sarang semut dengan menggunakan medium NA . ketiga isolat ini diberi simbol E1, E2, dan E3. Ketiga isolat tersebut merupakan bakteri endofit. Isolat E1 dan E2 adalah bakteri *Bacillus sp.* dan isolat E3 adalah bakteri *B. pumilus*. Sedangkan berdasarkan penelitian Rahma (2016:51-52) Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit yang diperoleh adalah bakteri yang

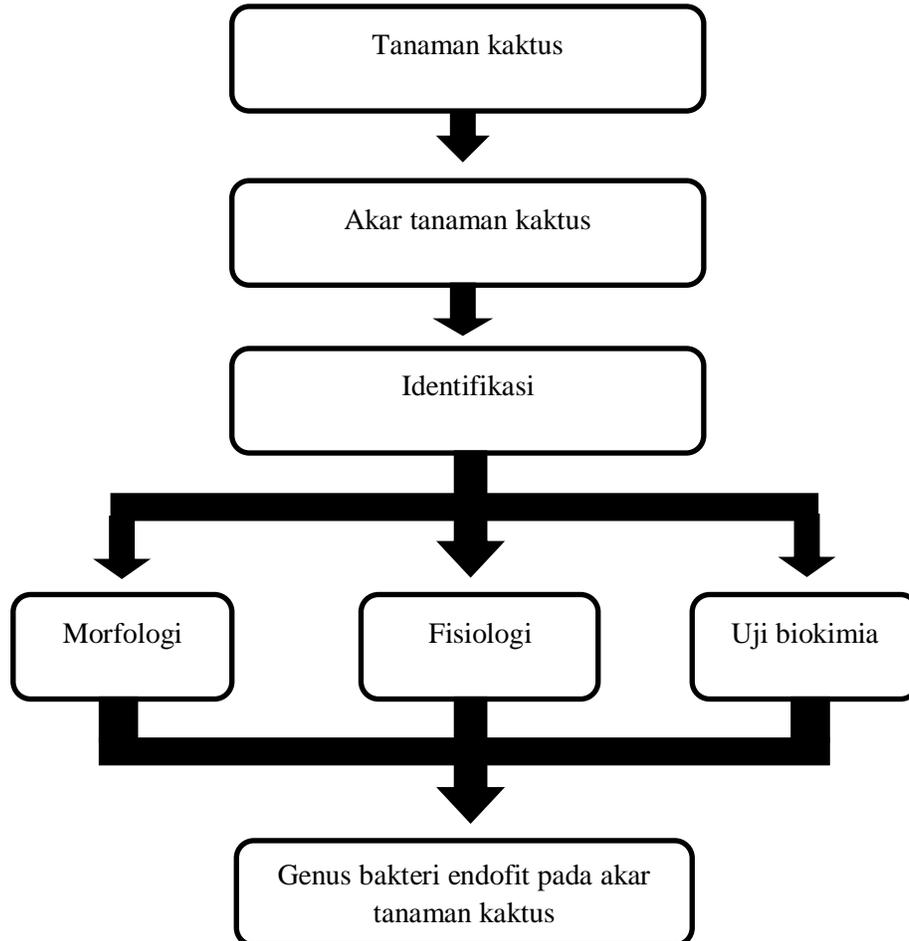
tumbuh pada hari ke-3 pada petridish gerusan akar kopi. Selama pengamatan dilakukan proses purifikasi dengan memindahkan bakteri endofit yang memiliki karakter morfologi koloni maupun morfologi tunggal berbeda satu sama lain serta berbeda dengan bakteri yang tumbuh pada kontrol ke dalam media agar yang baru, dan dilakukan pewarnaan gram. Isolasi bakteri dalam penelitian ini ditemukan isolat bakteri murni sebanyak 6 isolat bakteri endofit yaitu 5 dari genus *Bacillus* dan 1 dari genus *Listeria*.

2.2 Kerangka Berpikir

Identifikasi bakteri endofit perlu dilakukan guna mengetahui jenis bakteri hasil isolasi dan mengetahui manfaatnya bagi kehidupan, bakteri yang telah diketahui jenisnya dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti bidang pertanian, peternakan, kesehatan, industri dan lain-lain. Identifikasi bakteri dapat dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan pengujian terhadap sifat-sifat dan karakteristik yang dimiliki oleh bakteri. Mulai dari karakteristik morfologi yang meliputi pertumbuhan koloni bakteri, bentuk koloni, permukaan koloni, elevasi, bentuk tepian pigmentasi. Karakteristik fisiologi dilihat dengan cara melakukan pewarnaan gram, pewarnaan tahan asam, pewarnaan spora, dan pewarnaan kapsul. Selain itu digunakan juga uji biokimia sehingga diperoleh genus atau spesies bakteri yang diamati.

Bakteri endofit adalah mikroorganisme yang dapat tumbuh di jaringan tumbuhan/tanaman. Bakteri tersebut biasanya dapat berkoloni tetapi tidak membuat kerusakan pada tanaman tersebut, biasanya bakteri endofit bersifat menguntungkan,

seperti dapat memacu perkecambahan, untuk bertahan dalam kondisi yang kurang menguntungkan, mempercepat pertumbuhan, ketahanan terhadap patogen lemah dan beberapa kasus yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap tekanan lingkungan seperti meningkatkan pertumbuhan pohon hutan seperti pinus sampai tumbuhan di daerah kering seperti tanaman kaktus. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan mengidentifikasi bakteri endofit pada tanaman kaktus. Berikut adalah bangan alir kerangka berpikir:



Gambar 2.2 Kerangka Berpikir