

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Konseptual

2.1.1 Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

Tanaman kedelai salah satu tanaman polong-polongan yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan makanan. Tanaman kedelai kedelai memiliki sejarah yang cukup panjang di dunia. Berdasarkan peninggalan arkeologi di dunia, tanaman kedelai telah dibudidayakan sejak 3500 tahun yang lalu di daerah asia timur. Keldelai masuk pertama kali di Indonesia sekitar tahun 1750, terutama di sekitar jawa (Rohman dkk., 2020, h. 1).

Tanaman kedelai yang dibudidayakan di Indonesia memiliki beberapa jenis misalnya misalnya jenis kedelai kuning, kedelai hitam, dan edamame. Kedelai kuning memiliki kulit yang berwarna kuning, putih, ataupun hijau. Kedelai yang biasa dijadikan tempe ini memiliki warna irisan kuning pada bijinya apabila dipotong melintang. Kedelai hitam memiliki kulit biji yang berwarna hitam. Kedelai hitam banyak mengandung antisisianin. Dimana antisianin ini sangat potensial mencegah proses oksidasi terjadi secara dini dan menimbulkan penyakit degenerative. Edamame merupakan kedelai yang terbukti mengandung isoflvon tertinggi dibanding dengan jenis kedelai yang lain. Kandungan protein yang diimiki oleh edamame juga lebih tinggi dibandingkan jenis lain mencapai 36%. Edamame mengandung vit B dan C, kalsium, zat besi, serta asam folat. Edamame juga termasuk tanaman yang tidak mengandung kolesterol dan memiliki sedikit lemak jenuh (Rohman dkk., 2020, h. 4-6).

2.1.1.1 Klasifikasi Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

Kedelai dikenal dengan beragam jenis nama, namun pada tahun 1984 telah disepakati bahwa nama botani yang diterima dalam istilah ilmiah adalah *Glycine max* (L.) Merrill. Adapun klasifikasi dari tanaman kedelai adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae

Divisio : Spermatophyta

Classis : Dicotyledoneae

Ordo : Rosales

Familia : Papilionaceae

Genus : *Glycine*

Species : *Glycine max* (L.) Merrill

2.1.1.2 Morfologi Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

Morfologi dari suatu jenis tumbuhan merupakan salah satu ciri yang paling mudah untuk diamati. Menurut Reed *et al.* yang dikutip oleh Hadiyanti dkk. (2018, h. 136) karakteristik morfologi dari suatu tanaman sangat penting untuk mendeteksi sifat khusus yang diinginkan, mengidentifikasi aksesori yang terduplikasi, dan penataan populasi untuk keperluan konservasi.

Tanaman kedelai memiliki sistem perakaran yang terdiri dari dua macam yaitu akar tunggang dan akar serabut. Akar tunggang merupakan perkembangan dari akar radikal yang sudah mulai muncul sejak masa perkembangan (Endrawati, 2017: 6). Akar kedelai mulai muncul dari belahan kulit biji di sekitar mesofil. Calon akar tersebut nantinya akan tumbuh dengan cepat ke dalam tanah, sedangkan kotiledon biji yang terdiri dari dua keeping akan terangkat ke permukaan. Kedelai

juga sering kali membentuk akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Akar adventif terbentuk akibat dari respon tanaman kedelai terhadap cekaman tertentu, misalnya diakibatkan oleh kadar air tanah yang tinggi (Rohman dkk., 2020, h. 8).

Akar tunggang tanaman kedelai dapat tumbuh hingga mencapai kedalaman 2 meter. Perkembangan yang dialami oleh akar tanaman kedelai dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya seperti penyiapan lahan, tekstur tanah, kondisi fisik dan kimia tanah, ketersediaan unsur hara, serta kadar air yang tersedia di tanah. Jika kelembaban tanah turun, maka akar tanaman kedelai akan turun lebih dalam untuk menyerap unsur hara dan air (Trirahmah dkk., 2020, h. 5).

Akar tanaman kedelai memiliki bintil akar yang merupakan simbiosis antara akar dengan bakteri *Rhizobium japonicum*. Bintil akar tanaman kedelai dibentuk ketika tanaman kedelai masih muda, yaitu setelah fase terbentuknya rambut akar pada akar utama atau akar cabang. Pembentukan bintil akar diakibatkan oleh rangsangan pada permukaan akar yang menyebabkan bakteri dapat masuk ke dalam akar dan berkembang di dalamnya. Bintil akar berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan dan kesuburan tanaman. Selain itu juga dapat menyuburkan tanah karena dapat menghemat penggunaan Nh_3 yang tersedia di dalam tanah dan penyedia unsur nitrogen ke tanah. (Kumalasari dkk., 2013, h. 103-104).



Gambar 2. 1 Akar dan bintil akar tanaman kedelai (Nurwijayo, 2018)

Pada tanaman kedelai, hipokotil pada proses perkecambahan merupakan bagian batang, mulai dari pangkal akar hingga kotiledon. Hipokotil beserta dua kotiledon akan menerobos ke permukaan tanah. Bagian batang kecambah di atas kotiledon dinamakan epikotil. Tanaman kedelai memiliki batang tipe semak dengan tinggi batang antara 30-100 cm dan hipokotil tiap batang dapat membentuk 3-6 cabang. Tumbuhan tipe semak memiliki ciri-ciri adalah memiliki banyak cabang dan tinggi yang lebih rendah, batang bertekstur lembut dan hijau, serta dapat tumbuh cepat (Rohman dkk., 2020, h. 8-9).

Pertumbuhan dibedakan menjadi dua tipe pertumbuhan yaitu pertumbuhan *determinate* dan *interminate*. Perbedaan sistem pertumbuhan batang yang ada didasarkan pada keberadaan bunga dan pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe *determinate* ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sedangkan pada pertumbuhan batang tipe *interminate* dicirikan berdasarkan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah berbunga. Batang kedelai memiliki buku yang nantinya akan menjadi tempat tumbuh bunga. Bunga yang menghasilkan buah disebut buku subur (Endrawati, 2017, h. 7).

Pada setiap batang kedelai mampu memiliki 3-6 cabang dan apabila jarak tanam terlalu rapat cabang menjadi berkurang atau bahkan tidak bercabang sama sekali. Jumlah buku pada batang akan bertambah sesuai dengan pertumbuhan umur

tanaman. Pada kondisi normal jumlah buku dapat berkisar antara 15-20 buku dengan jarak antar buku berkisar 2-9 cm. jumlah buku dan cabang bergantung pada varietas kedelai dan kondisi tanah, tetapi ada juga varietas dari kedelai yang tidak menghasilkan cabang. Jumlah batang dapat diperbanyak dengan metode tanam dirapatkan dari 250.000 tanaman/hektar menjadi 500.000 tanaman/hektar (Trirahmah dkk., 2020, h. 5).

Tanaman kedelai sering disebut tanaman berdaun lebar (*broad leaf*) dan berdaun sempit (*narrow leaf*). Tanaman kedelai memiliki dua fase berkaitan dengan daun. Fase kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berkecambah dan daun bertangkai tiga (*trivoliolate leaves*) yang tumbuh setelah masa pertumbuhan. Daun tanaman kedelai umumnya berwarna hijau muda atau hijau ke kuning-kuningan. Daun kedelai memiliki ciri-ciri seperti helai daun (*lamina*) oval dan tata letaknya pada tangkai daun bersifat majemuk tiga (*trifoliolatus*). Bentuk daun kedelai ada dua yaitu bulat (*oval*) dan lancip (*lanceolate*), kedua bentuk daun ini dipengaruhi oleh faktor genetik tumbuhan. Umumnya daerah yang memiliki tingkat kesuburan yang tinggi sangat cocok untuk varietas kedelai yang memiliki bentuk daun lebar (Trirahmah dkk., 2020, h. 5; Risnawati, 2010, h. 9).

Daun kedelai memiliki stomata dengan jumlah sekitar 190-320 buah/m². Selain itu, daun kedelai mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlah yang bervariasi. Tebal tipisnya bulu pada daun tanaman kedelai berkaitan dengan tingkat toleransi varietas kedelai terhadap serangan jenis hama tertentu (Rohman dkk., 2020, h. 10).



Gambar 2. 2 Daun tanaman kedelai (Adisarwanto, 2013: 28)

Bunga dari tanaman kedelai termasuk bunga sempurna, artinya, setiap bunga dari tanaman kedelai memiliki alat kelamin jantan (benang sari/serbuk sari) dan alat kelamin betina (putik). Bunga kedelai biasanya berwarna ungu dengan ukuran berkisar enam sampai sepuluh millimeter (Trirahmah dkk., 2020, h. 5; Meirani. 2019, h. 6).

Bunga yang dimiliki tanaman kedelai menyerupai kupu-kupu. Jumlah bunga yang muncul di ketiak daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung kondisi lingkungan tempat kedelai tumbuh dan varietas dari kedelai. Bunga pertama yang tumbuh umumnya tumbuh pada buku kelima, ke enam, atau pada buku yang lebih tinggi (Rohman dkk., 2020, h. 11).

Setiap ketiak daun yang memiliki kuncup bunga dan dapat berkembang menjadi polong disebut sebagai buku subur. Tidak setiap kuncup bunga dapat tumbuh menjadi polong. Jumlah bunga yang rontok dan tidak bisa membentuk polong cukup besar. Diperkirakan hanya sekitar 20-80 % bunga saja yang dapat menjadi polong. Rontoknya bunga ini dapat terjadi pada setiap posisi buku pada 1-10 hari setelah mulai terbentuk bunga (Endrawati, 2017, h. 8).



Gambar 2. 3 Bunga tanaman kedelai (Adisarwanto, 2013: 29)

Buah dari tanaman kedelai sering disebut sebagai polong. Polong kedelai pertama kali muncul sekitar 10-14 hari setelah bunga pertama muncul. Warna polong muda berwarna hijau dan selanjutnya akan berubah menjadi kuning atau kecoklatan pada saat panen. Pembentukan polong dan pembesaran polong akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Jumlah polong yang terbentuk beragam, yakni 2 sampai 10 polong pada setiap kelompok bunga di ketiak daunnya (Rianto, 2016, h. 11)

Polong kedelai memiliki bentuk yang pipih dan lebar dengan panjang sekitar 5 cm. Polong kedelai tersusun bersegmen-segmen yang didalamnya berisi biji. Biji inilah yang dapat dijadikan sebagai alat perkembangbiakan secara generatif. Polong kedelai memiliki warna yang bervariasi, hal ini bergantung pada varietas tanaman kedelai itu sendiri. Polong kedelai ada yang memiliki warna coklat muda, coklat, coklat kehitaman, kuning kecoklatan (warna jerami), dan warna putih (Trirahmah dkk., 2020, h. 6).



Gambar 2. 4 Polong tanaman kedelai (Adisarwanto, 2013: 29)

Biji kedelai memiliki ukuran dan warna yang bervariasi, tetapi sebagian besar berwarna kuning dengan ukuran biji kedelai yang dapat digolongkan ke dalam tiga kelompok mulai dari kecil (7-9 g/100 biji), sedang (10-13 g/100 biji), dan besar (≥ 13 g/100 biji). Bentuk biji bervariasi bergantung pada varietas tanaman mulai dari bulat, agak pipih, dan bulat telur (Trirahmah dkk., 2020, h. 6).

Biji kedelai terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu kulit biji dan embrio. Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut dengan pusar (hilum) yang memiliki warna coklat, hitam atau putih. Pada ujung hitam terdapat mikrofil, berupa lubang kecil yang terbentuk pada saat proses pembentukan butir (Endrawati, 2017, h. 9).



Gambar 2.5 Biji kedelai (Adisarwanto, 2013, h. 2)

2.1.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

Tanaman kedelai merupakan tanaman daerah subtropis yang dapat beradaptasi dengan baik di daerah tropis. Di Indonesia, tanaman kedelai cocok untuk ditanam di daerah terbuka dan memiliki hawa panas, terutama dataran rendah

sampai pada ketinggian 1.200 mdpl. Intensitas curah hujan yang cocok untuk pertumbuhan tanaman kedelai berkisar 150-200 mm per bulan dengan lama penyinaran 12 jam per hari dan kelembababn rata-rata 65% (Subaedah, 2019, h. 3).

Suhu optimum yang tepat bagi pertumbuhan tanman kedelai berkisar antara 20-30 °C dan untuk menjamin berlangsungnya pembungaan yang optimal bagi tanaman dibutuhkan suhu di atas 24 °C. untuk proses perkecambahan yang optimal akan terjadi pada suhu 30 °C dan pada kondisi lingkungan yang baik biji kedelai dapat berkecambah dalam 4 hari setelah tanam. Untuk polong kedelai akan mengalami pembentukan yang optimal di suhu 26-32 °C, pada suhu yang tinggi dapat mengganggu kelembaban tanah akibat meningkatnya laju evapotranspirasi dan proses metabolisme yang terjadi akan lebih tinggi (Endrawati, 2017, h. 9).

Tanaman kedelai dapat tumbuh di berbagai jenis tanah dengan syarat drainase dan aerasi tanah cukup baik serta ketersediaan air yang cukup selama pertumbuhan tanaman. Untuk jenis tanah yang banyak mengandung pasir pertumbuhan tanaman kedelai kurang baik, kecuali bila diberikan pupuk organik dan kapur pertanian dalam jumlah yang cukup. Tanaman kedelai juga menghendaki tanah yang tidak tergenang, akan tetapi air tetap tersedia (Subaedah, 2019, h. 3-4).

Pada umumnya kedelai menghendaki tanah yang bertekstur remah dan memiliki tingkat keasaman sedang (pH 5-7). Nilai pH ideal untuk pertumbuhan tanaman kedelai berkisar anatara 6.0-6.8, apabila pH di atas 7.0 maka kedelai akan mengalami klorosis sehingga tanaman menjadi kerdil dan daunnya menguning. Sementara pada pH dibawah 5.0 kedelai akan mengalami keracunan Al, Fe, dan Mn sehingga pertumbuhan tanaman akan terganggu (Endrawati, 2017, h. 10).

2.1.2 Agen Hayati

Agen hayati adalah setiap organisme yang meliputi spesies, sub spesies, varietas, semua jenis serangga, nematode, protozoa, cendawa (fungi), bakteri, virus, mikoplasma serta organisme lainnya dalam semua tahap perkembangan yang dapat digunakan untuk keperluan pengendalian hama dan penyakit atau organisme pengganggu, proses produksi, pengolahan hasil pertanian dan berbagai keperluan lainnya (Kementan no 411 tahun 1995). Agen hayati memiliki fungsi untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) sehingga pertumbuhan dan hasil panen dapat terhindar atau mengurangi serangan hama. Selain itu, agen hayati juga dikenal dapat digunakan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman serta dapat digunakan untuk meminimalisir penggunaan bahan kimia sintetis (Mardiyanto dan Bamabang, 2018).

Selain organisme pengganggu tanaman (OPT), serangan penyakit yang disebabkan oleh virus. Di dalam jaringan tanaman tumbuhan terdapat mikroorganisme yang berperan sebagai agen hayati dan merupakan bagian dari tanaman. Mikroorganisme yang ada termasuk ke dalam bakteri endofit. Aplikasi dari bakteri endofit *indigenous* menjadi alternatif solusi dalam pengendalian penyakit pada tanaman (Septia dan Fitra, 2019, h. 2).

Endofit umumnya berasal dari golongan jamur ataupun juga bakteri. Endofit secara alami merupakan bagian dari tanaman sehat, karena itu endofit didefinisikan sebagai mikroorganisme yang hidup di jaringan tanaman tanpa menimbulkan efek negatif. Meskipun pada perkembangannya saat ini yang tergolong endofit merupakan semua mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan

tumbuhan baik yang bersifat mutualisme, netral ataupun merugikan (Yulianti, 2012, h. 113).

Bakteri rhizosfer adalah bakteri yang dapat ditemukan dalam jumlah banyak di daerah perakaran tanaman, dimana nutrisi di daerah tersebut disediakan oleh eksudat dan *iysates* tanaman. Beberapa strain bakteri rhizosfer adalah bakteri *Plant Growth Promotion Rhizobakteria* (PGPR), karena dapat menstimulus pertumbuhan dan daya tahan tanaman terhadap kondisi yang kurang menguntungkan (Munif dan Awaludin, 2011, h. 6). Bakteri PGPR dapat diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya (Bloemberg *et al.*, 2001) 1) *biofertilizer*, dapat mengikat nitrogen dan melarutkan fosfat yang kemudian dapat digunakan oleh tanaman sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman; 2) *photostimulator*, secara langsung dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan hormon-hormon; dan 3) agen biokontrol, mampu melindungi tanaman dari infeksi patogen.

2.1.2.1 Interaksi Agen Hayati

Mikroba tanah akan berkumpul didekat perakaran tanaman (rhizosfer) yang menghasilkan eksudat akar dan serpihan tudung akar sebagai sumber makanan. Bila populasi mikroba di sekitar rhizosfer disominasi oleh mikroba yang menguntungkan tanaman, maka tanaman akan memperoleh keuntungan yang besar dengan hadirnya mikroba tersebut (Munif dan Awaludin, 2011, h. 6).

Interaksi yang terjadi antara bakteri endofit dan tumbuhan pertama kali biasanya terjadi dengan bakteri endofit akan masuk ke dalam tumbuhan melalui sistem perakaran sekunder dengan mengeluarkan enzim selulase dan paktiase, atau

bagian atas tanaman seperti bunga, batang, radikel kecambah, stomata ataupun kotiledon daun yang sobek. Bakteri nantinya akan berkoloni ditempat pertama kali masuk dan menyebar ke seluruh bagian tumbuhan. Bakteri nantinya akan hidup di dalam sel, ruang interseluler atau dalam sistem pembuluh yang dimiliki oleh tumbuhan (Yulianti, 2012, h. 115).

Mekanisme yang terjadi akibat adanya interaksi antara tanaman dan bakteri endofit diantaranya adalah peningkatan pertumbuhan tanaman, hal ini dikaitkan dengan kemampuan bakteri dalam memproduksi hormon IAA. Hormon IAA merupakan sejenis hormon auksin. Hormon auksin terlibat dalam pemanjangan dan pembelahan sel, diferensiasi jaringan, dan inisiasi akar. Selain itu, kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat yang dapat digunakan oleh tanaman juga membantu dalam pertumbuhan tanaman (Rahma dkk., 2014, h. 124).

2.1.2.2 Peran Agen Hayati dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman

Bakteri endofit telah banyak ditemukan disetiap tanaman yang di teliti. Bakteri endofit ini akan berkoloni di jaringan internal tanaman inang mereka dan membentuk berbagai macam hubungan baik mutualisme, komensalistik, atau trofobiotik (Ryan *at al*, 2008, h. 1). Mekanisme endofit dalam merangsang pertumbuhan dari tanaman belum jelas, kecuali beberapa spesies bakteri endofit yang memiliki kemampuan dalam memproduksi fitohormon seperti auksin, etilen, dan sitokinin atau meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara. Kelompok bakteri yang dapat memproduksi fitohormon meliputi kelompok *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Staphylococcus*, *Azotobacter*, dan *Azospirillum* (Yulianti, 2012, h. 113).

PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacter*) memiliki peran yang penting dalam meningkatkan kesehatan dan hasil tanaman (Chu *at al*, 2020, h. 1). Rizobakteri yang bersimbiosis dengan akar tumbuhan berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (RPPT) atau *Plant Growth Promoting Rhizobacter* (PGPR). Peningkatan pertumbuhan yang dialami oleh tanaman oleh rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman dapat terjadi melalui satu atau banyak mekanisme yang terkait dengan karakter fisiologis dari rizobakter pemacu pertumbuhan tanaman dan kondisi di lingkungan rizofir (Mardiah dkk., 2016, h. 25-26).

Banyak spesies dan strain spesifik dari *rhizobacter* yang telah dipelajari sebagai *plant growth promoting rhizobacter* (PGPR) pada beberapa tanaman dan pada daerah yang berbeda. Rizobakteri yang berperan dalam PGPR diantaranya adalah dari genus *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Serratia* spp., *Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp., *Acetobacter* spp., *Burkholderia* spp., dan beberapa genus *Enterobacteriaceae*. Diantara genus rizobateria yang banyak dilaporkan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman paling banyak adalah dari kelompok *Pseudomonas* spp. dan *Bacillus* spp. (Mardiah dkk., 2016, h. 26).

Bacillus sp. adalah bakteri tanah yang hidup ditanah terutama disekitar perakaran tanaman. Di dalam tanah, bakteri dapat mengkolonisasi permukaan akar, serta memproduksi fitohormon auksin, sitokinin, gibberalin, dan etilen yang mempengaruhi proliferasi sel pada sistem perakaran tanaman sehingga membentuk lebih banyak akar lateral dan rambut akar untuk meningkatkan penyerapan hara dan air (Kalay dkk., 2020, h. 35).

Pseudomonas spp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman atau memodulasi perkembangan akar dengan cara memproduksi dan atau

mengsekresikan fitohormon misalnya *indole-3-acetic acid* (IAA) dan senyawa organik volatil (VOC) (Chu *at al*, 2020, h. 2). Untuk spesies *P. fluorescens* mampu menghasilkan senyawa yang dapat memfasilitasi proses pelepasan fosfat di dalam tanah (Miftahurrohmat, 2020, h. 6).

Berdasarkan analisis, banyak penelitian yang menegaskan bahwa genus *Pseudomonas* merupakan inti dari PGPR untuk banyak tanaman. Menurut hasil studi yang telah dilakukan, mikroorganisme PGPR dapat dimasukkan kedalam pupuk hayati dan aplikasi biopestisida yang dapat dijadikan sebagai alternatif metode pemeliharaan tanaman organik yang lebih baik. PGPR nantinya dapat dijadikan sebagai pengganti bahan kimia sintesis dimana PGPR memiliki banyak keuntungan yaitu membantu meningkatkan perkecambahan benih, menambah kekuatan bibit dan pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan ketersediaan hara (Qessaoui *at al*, 2019, h. 1).

2.1.3 Kendala Budidaya dan Produksi Kedelai di Indonesia

Secara umum, faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya produktifitas kedelai di Indonesia dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok yaitu faktor alam, biotik, dan sosial ekonomi (Adisarwanto, 2013, h. 5).

2.1.3.1 Faktor Alam

Faktor-faktor alam yang menyebabkan rendahnya produktifitas kedelai meliputi, h.

a. Faktor iklim

Secara umum terdapat beberapa kondisi lingkungan tumbuh di daerah tropis yang dapat dikatakan kurang optimal sehingga pertumbuhan tanaman kedelai

tidak sebaik dengan daerah subtropis, kondisi lingkungan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Di lahan sawah tadah hujan atau setengah irigasi teknis, fase kritis tanaman yaitu pada periode pembentukan bunga dan polong yang sering kali mengalami kekeringan. Di lahan kering tadah hujan, bila kedelai ditanam pada awal musim hujan, sering kali curah hujan terlalu banyak pada fase berbunga sehingga dapat mengurangi jumlah polong yang terbentuk.
2. Panjang hari yang dimiliki oleh daerah tropis rata-rata berkisar antara 11-12 jam, sedang di daerah subtropis bisa mencapai 14-16 jam. Oleh karena kedelai termasuk tanaman yang peka terhadap fotoperiode, tanaman kedelai yang ditanam di Indonesia cenderung menjadi cepat berbunga dan berumur pendek berkisar antara 80-85 hari.
3. Ketika musim hujan, tanaman kedelai mendapatkan intensitas cahaya yang relative rendah karena sering terjadi mendung hal ini menyebabkan pertumbuhan tanaman kedelai kurang maksimal (Adisarwanto, 2013, h. 5-6).

b. Tanah

Kedelai menghendaki tanah yang gembur dengan pH 5,5-7,0, dengan kadar air tanah yang cukup, serta lapisan olah dalam tingkat kesuburan tanah antara sedang hingga cukup. Namun, kondisi tanah yang ideal sering kali tidak tersedia cukup luas untuk kedelai. Hal ini dikarenakan tanah tersebut cuga cocok untuk tanaman lain yang dipandang lebih menguntungkan dibanding tanaman kedelai. Hal ini lah yang menyebabkan produktivitas kedelai menjadi rendah karena kedelai akan ditanam di tanah yang tidak dapat mendukung optimal pertumbuhan kedelai (Adisarwanto, 2013, h. 7).

2.1.3.2 Faktor Biotik

a. Varietas kedelai

Varietas kedelai dari daerah subtropics tidak terlalu cocok karena tidak sesuai dengan pola pergiliran pemanfaatan lahan seperti pola padi-padi-kedelai, padi-kedelai-kedelai yang menghendaki umur pendek hingga sedang (80-90 hari) (Adisarwanto, 2013, h. 8). Jenis kedelai yang digunakan dalam penelitian ini merupakan varietas Anjasmoro.

b. Hama

Jenis serangga hama utama yang dapat menyerang tanaman kedelai terbilang cukup banyak yakni sekitar 20 jenis. Jumlah dan jenis yang banyak tersebut memberikan gambaran yang cukup jelas tentang bagaimana sulitnya mengendalikan hama tersebut. Hal ini juga diakibatkan ada jenis serangga hama kedelai yang bersifat *polipage*, yakni mampu menyerang beberapa jenis tanaman sehingga memungkinkan populasi hama dari tanaman kedelai selalu ada sepanjang tahun (Adisarwanto, 2013, h. 8-9).

c. Penyakit

Terdapat dua penyakit utama yang seringkali dijumpai pada tanaman kedelai yaitu virus dan karat daun. Upaya pengendalian penyakit virus terbilang lebih sulit dibandingkan penyakit karat daun. Pencegahan yang dapat dilakukan dengan melakukan rotasi tanam, pembakaran tanaman inang, memberantas serangga vektor, penggunaan benih sehat, dan pembuangan tanaman sakit (Adisarwanto, 2013, h. 9).

d. Gulma

Tanaman kedelai sangat peka terhadap kompetisi dengan gulma. Jenis gulma yang sering dijumpai meliputi *Amaranthus*, *Cyperus*, *Imperata*, *Paspalum*, *Digitaria*, dan *Toton* (Adisarwanto, 2013, h. 9). Jenis gulma ini akan membuat tanaman kedelai harus bersain dalam melakukan penyerapan unsur hara dan air, sehingga pertumbuhan dan hasil panen menjadi tidak maksimal.

2.1.3.3 Faktor Sosial Ekonomi

Permasalahan sosial ekonomi petani dalam usaha tani kedelai sangat beragam dan berbeda antar daerah. Beberapa permasalahan sosial ekonomi yang sering terjadi meliputi kepemilikan lahan, status tanaman, modal tanam, tenaga kerja, dan pemeliharaan (Adisarwanto, 2013, h. 9-10).

2.1.4 Bahan Ajar

2.1.4.1 Pengertian Bahan Ajar

Menurut Depdiknas yang dikutip oleh Muqodas (2015, h. 108) bahan ajar pada hakekatnya adalah isi dari mata pelajaran atau bidang studi yang diberikan kepada siswa sesuai dengan kurikulum yang digunakannya. Sebuah bahan ajar paling tidak mencakup antara lain, h. a) petunjuk belajar (petunjuk siswa atau guru); b) kompetensi yang akan dicapai; c) informasi pendukung; d) latihan-latihan; e) petunjuk kerja, dapat berupa lembar kerja (LK); f) evaluasi. Ada 4 aspek yang perlu diperhatikan dalam menulis buku menurut Pusat Kurikulum dan Pembukuan. Aspek-aspek tersebut adalah sebagai berikut, h. a) aspek isi atau materi; b) aspek penyajian materi; c) aspek bahasa dan keterbacaan dan d) aspek grafika.

2.1.4.2 Jenis-Jenis Bahan Ajar

Jenis bahan ajar dikelompokkan menjadi empat yaitu, h. a) bahan cetak antara lain handout, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, leaflet, wallchart, foto/gambar, model/market; b) bahan ajar dengan (audio) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan CD audio; c) bahan ajar pandang dengar (audio visual) seperti video CD, film; dan d) bahan ajar interaktif seperti CD interaktif. Empat jenis bahan ajar tersebut akan sangat bermanfaat dalam proses pembelajaran jika digunakan secara tepat sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai (Arsanti, 2018, h. 74).

Bahan ajar cetak dapat ditampilkan dalam berbagai bentuk. Jika bahan ajar cetak tersusun secara baik, maka bahan ajar akan mendatangkan beberapa keuntungan seperti yang dikemukakan oleh Steffen Peter Ballstaedt yang dikutip oleh Agustina, yaitu, h. a) Bahan tertulis biasanya menampilkan daftar isi, sehingga memudahkan bagi seorang guru untuk menunjukkan kepada peserta didik bagian mana yang sedang dipelajari; b) Biaya untuk pengadaannya relatif sedikit (Agustina, 2018, h. 22).

Bahan tertulis cepat digunakan dan dapat dipindah-pindah secara mudah. Kelebihan lainnya meliputi a) Susunannya menawarkan kemudahan secara luas dan kreativitas bagi individu; b) Bahan tertulis relatif ringan dan dapat dibaca di mana saja; c) Bahan ajar yang baik dapat memotivasi pembaca untuk melakukan aktivitas, seperti menandai, mencatat dan membuat sketsa; d) Bahan tertulis dapat dinikmati sebagai sebuah dokumen yang bernilai besar; e) pembaca dapat mengatur tempo secara mandiri (Agustina, 2018, h. 22).

2.1.4.3 Ensiklopedia

Ensiklopedia merupakan bahan ajar yang berisi tentang informasi dasar tentang hal-hal, konsep ataupun kejadian-kejadian umum yang tersusun secara abjad dan terdiri dari beberapa cabang ilmu atau satu cabang ilmu. Ensiklopedia tergolong jenis bahan ajar yang mengadopsi dari media visual. Media visual merupakan sebuah media yang melibatkan indra penglihatan dalam penggunaannya, media visual misalnya seperti prototipe, media cetak, dan media realitas alam sekitar.

Ensiklopedia merupakan kata yang berasal dari bahasa Yunani; *enkylios paideia* yang memiliki arti sebuah lingkaran atau sebuah pembelajaran yang lengkap. Maksudnya ensiklopedia merupakan sebuah pendidikan puripurna yang mencakup semua lingkaran ilmu pengetahuan. Sering kali ensiklopedia dicampurbaurkan dengan kamus. Perbedaan utama antara ensiklopedia dengan kamus terletak pada segi penjelasan yang dimuat. Penjelasan yang diberikan oleh kamus hanya berupa sebuah definisi setiap entry dilihat dari sudut pandang linguistik atau hanya memberikan kata-kata sinonim saja, sedangkan sebuah ensiklopedia memberikan penjelasan yang lebih mendalam. Pada umumnya ensiklopedia menghubungkan teks dengan gambar yang dikolaborasi sedemikian rupa hingga menarik (Arif dkk., 2015, h. 48).

Ensiklopedia memiliki kemudahan tersendiri yang memungkinkan pembacanya untuk mendapatkan informasi yang diinginkan. Untuk memberikan kemudahan kepada pengguna, ensiklopedia dilengkapi dengan indeks yang merupakan petunjuk dari suatu istilah menuju ke nomor, volume dan nomor

halaman sehingga dalam pencarian dapat ditemukan dengan mudah, cepat dan tepat (Suwarno, 2011, h. 62).

Pada umumnya fungsi dari ensiklopedia adalah menjawab pertanyaan apa, bagaimana, dimana dan mengapa. Ensiklopedia terbagi menjadi dua, yaitu ensiklopedia umum dan ensiklopedia khusus. Ensiklopedia umum adalah sekumpulan informasi dari berbagai subjek ilmu pengetahuan yang disusun secara sistematis dan alfabetis, misalnya ensiklopedia Indonesia. Sedangkan ensiklopedia khusus merupakan kumpulan informasi yang cakupannya hanya bidang ilmu pengetahuan tertentu disusun secara alfabetis, misalnya ensiklopedia biologi, ensiklopedia sejarah dan ensiklopedia ekonomi (Astiting, 2018, h. 30-31).

Menurut Recha (dikutip dalam Maharani, 2018) ensiklopedia memiliki ciri-ciri: 1) Memiliki artikel atau topik, dan sub topik. 2) Memiliki definisi artikel atau topik dan diikuti dengan penjelasan umum. 3) Terdapat *cross reference* (rujukan silang) atau *further more, see also, running index*, dan lain-lain. 4) Terdapat gambar, paragraph, tabel atau grafik. 5) Disusun dan disajikan secara sistematis alfabetis. 6) Memiliki indeks. 7) Terdapat tambahan “faktaneka” atau aneka fakta ilmu pengetahuan. 7) Memiliki petunjuk penggunaan yang berisi penjelasan umum isi buku beserta bagian-bagian penting buku.

2.1.4.4 Tujuan dan Manfaat Ensiklopedia

Pembuatan ensiklopedia memiliki tiga tujuan utama, yaitu:

- a. *Source of answer to fact question*, yaitu sebagai sumber jawaban dari pertanyaan-pertanyaan yang memerlukan fakta serta data-data.

- b. *Source of background information*, yaitu sebagai sumber informasi yang memuat topik atau pengetahuan dasar yang memiliki hubungan dengan suatu objek dan berguna untuk penelusuran lebih lanjut.
- c. *Direction service*, yaitu sebagai suatu layanan pengarahan terhadap bahan-bahan lebih lanjut untuk para pengguna terhadap topik-topik yang dibahas. *Direction service* umumnya ditonjolkan dalam bentuk suatu daftar bacaan, biografi atau referensi yang dianjurkan untuk dibaca atau dipelajari dan terdapat pada artikel terkait (Widayat, 2015, h. 5).

Ensiklopedia memiliki beberapa manfaat antara lain:

- a. Sebagai sarana pencarian informasi dasar dari berbagai masalah.
- b. Sebagai sarana utama dalam langkah awal untuk melakukan suatu kajian mengenai suatu objek.
- c. Sebagai sarana untuk mengetahui kebenaran suatu informasi.
- d. Sebagai sarana jendela informasi dunia (Astiting, 2018, h. 33).

2.1.4.5 Karakteristik Ensiklopedia

Ensiklopedia termasuk buku sumber referensi dengan kategori buku nonteks pelajaran, dengan ciri-ciri sebagai berikut.

- a. Buku yang dapat digunakan di sekolah ataupun lembaga pendidikan, namun bukan termasuk buku pegangan utama atau pokok bagi peserta didik dalam mengikuti proses pembelajaran.
- b. Buku nonteks pelajaran tidak menyajikan materi yang dilengkapi dengan instrument evaluasi dalam bentuk LKS (Lembar Kerja Siswa), tes ataupun ulangan, juga bentuk lainnya yang menuntut pembaca melakukan perintah-

perintah yang diharapkan oleh penulis untuk mengukur pemahaman terhadap bahan bacaan.

- c. Penerbitan buku nonteks pelajaran (ensiklopedia) tidak dilakukan secara serial berdasarkan tingkatan kelas atau jenjang pendidikan.
- d. Materi atau isi buku nonteks pelajaran terkait dengan sebagian atau salah satu Standar Kompetensi atau Kompetensi Dasar yang terdapat dalam Standar Isi.
- e. Materi dalam buku nonteks pelajaran dapat dimanfaatkan oleh pembaca dari semua jenjang pendidikan dan tingkatan kelas atau lintas pembaca. Sehingga materi untuk buku nonteks pelajaran dapat dimanfaatkan pula oleh pembaca secara umum.
- f. Materi atau isi buku nonteks pelajaran cocok untuk digunakan sebagai bahan rujukan, pengayaan, atau panduan dalam kegiatan pembelajaran (Suherli, 2008).

Untuk menghasilkan ensiklopedia yang baik, hendaknya dalam penyusunannya memuat karakteristik pembuatan ensiklopedia itu sendiri dengan memperhatikan hal-hal berikut ini:

- a. Tema disusun secara alfabetis atau dapat mengikuti suatu sistem tertentu yang logis secara keilmuan.
- b. Penjelasan dari tema disertai dengan gambar-gambar yang relevan, menarik, dan informatif dengan tema yang dibahas.
- c. Tema memiliki tingkat kekomplitan yang tinggi atau lengkap.
- d. Setiap tema yang ada dibahas secara komprehensif.
- e. Seluruh tema yang disajikan konsisten dengan bidang bahasan dari ensiklopedia.

- f. Ensiklopedia dilengkapi dengan glosarium, indeks, dan daftar pustaka (Suherli, 2008).

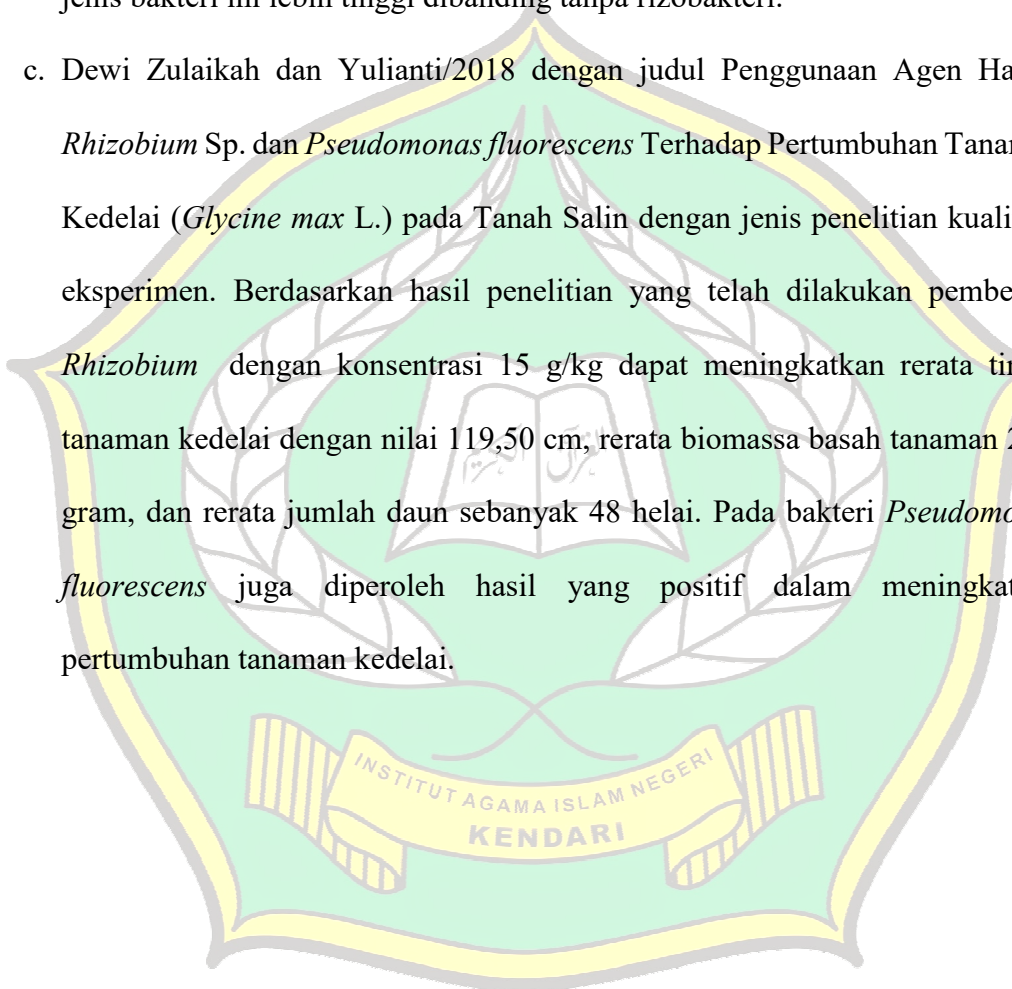
2.2 Penelitian Relevan

Penelitian relevan merupakan tinjauan dari Penulis yang berupa penelitian-penelitian terdahulu baik berupa buku, jurnal penelitian ataupun sumber lainnya. Sumber tersebut nantinya akan dijadikan sebagai rujukan atau perbandingan penulis terhadap penelitian yang sedang dilaksanakan. Adapun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut.

- a. Mudi La, dkk./2018 dengan judul Bio-Priming Benih Menggunakan Campuran Rizobakter Indigenus untuk Meningkatkan Kualitas Fisiologis Benih Kedelai (*Glycine max L. Merril*) dengan jenis penelitian kualitatif eksperimen. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, pemberian perlakuan *bio-priming* benih menggunakan campuran rizobakteri indigenos (agen hayati) mampu memberikan laju pertumbuhan kecambah, potensi tumbuh maksimal, dan kecepatan tumbuh relative tinggi dibandingkan tanpa aplikasi campuran rizobakteri. Jadi pada kesimpulan akhir penelitian, perlakuan perlakuan *bio-priming* benih menggunakan campuran rizobakteri indigenos selain memberikan efek peningkatan mutu fisiologis benih, tetapi juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen dari tanaman kedelai.
- b. Milda Ernita, dkk./2016 dengan judul Aplikasi Rizobakteri Dalam Meningkatkan Pertumbuhan, Hasil dan Ketahanan pada Tanaman Bawang Merah dengan jenis penelitian kualitatif eksperimen. Berdasarkan hasil

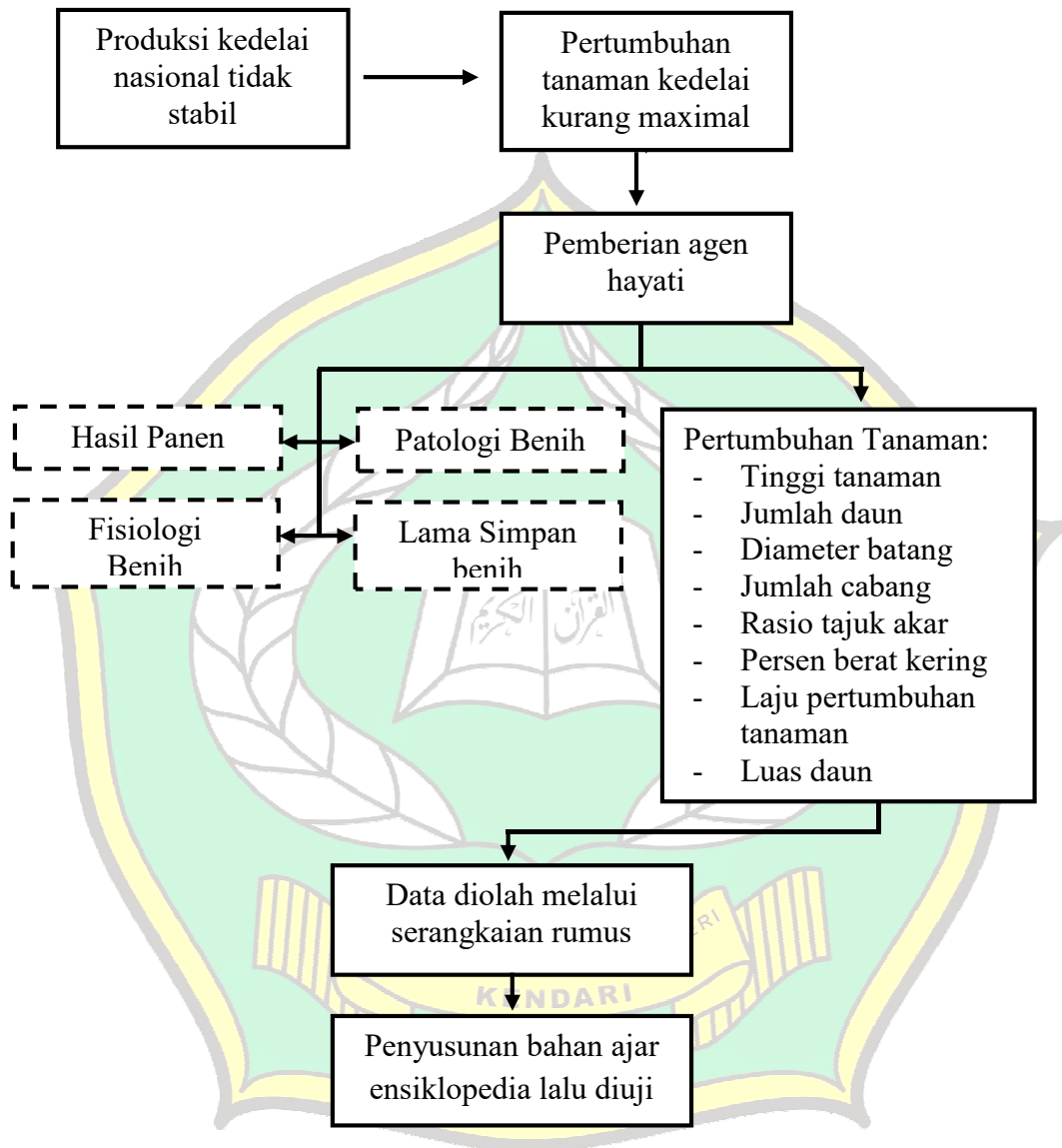
penelitian yang telah dilakukan baik dari tinggi tanaman, jumlah daun dan bobot umbi per rumpun bawang merah tanpa diaplikasi rizobakteri dan diaplikasi dengan *P. geniculate strain* XJUHX-19 dan *B. pumilus* strain TSH22w memperlihatkan perbedaan yang tidak terlalu nyata. Tetapi, jika dilihat pada kecenderungan angka, akan terlihat bahwa pada aplikasi ke dua jenis bakteri ini lebih tinggi dibanding tanpa rizobakteri.

- c. Dewi Zulaikah dan Yulianti/2018 dengan judul Penggunaan Agen Hayati *Rhizobium* Sp. dan *Pseudomonas fluorescens* Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) pada Tanah Salin dengan jenis penelitian kualitatif eksperimen. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pemberian *Rhizobium* dengan konsentrasi 15 g/kg dapat meningkatkan rerata tinggi tanaman kedelai dengan nilai 119,50 cm, rerata biomassa basah tanaman 24,5 gram, dan rerata jumlah daun sebanyak 48 helai. Pada bakteri *Pseudomonas fluorescens* juga diperoleh hasil yang positif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai.




2.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir yang ada dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini.



Keterangan:

 : Tidak diteliti

 : Diteliti

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian teori yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan hipotesis penelitian yaitu pemberian agen hayati akan efektif untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merril).

