

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Uji

Penelitian ini menggunakan kacang hijau dan kedelai sebagai bahan uji.

Kedua spesies tersebut di pilih sebagai tanaman uji karena memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, mudah diperoleh, dan bernilai ekonomi tinggi.

1. Kacang Hijau

1.1 Biologi Tanaman

Tanaman kacang hijau termasuk famili leguminosae yang banyak variasinya. Secara taksonomi, kacang hijau diklasifikasikan sebagai berikut:

Regnum : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Class : Magnoliopsida

Ordo : Fabales

Family : Fabaceae/Leguminosae

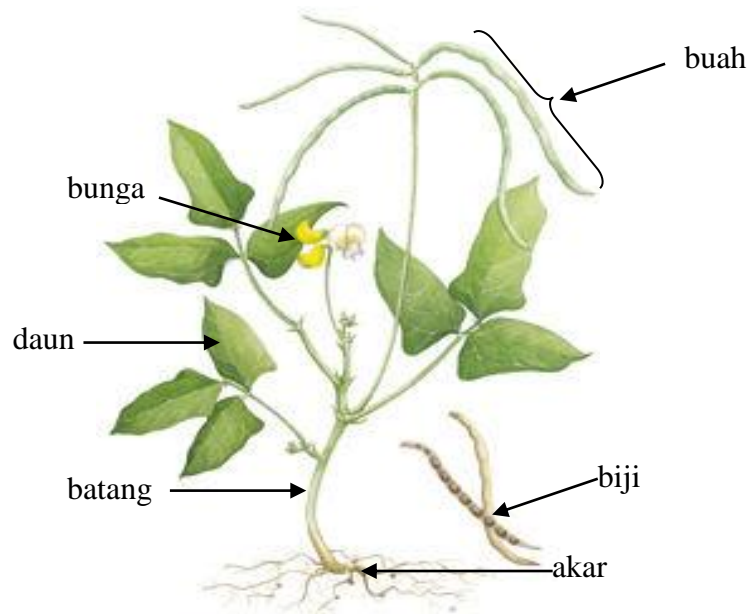
Genus : *Phaseolus*

Species : *Phaseolus radiatus* (Purwono dan Hartono 2005).

1.2 Morfologi dan Budidaya

Tanaman kacang hijau berakar tunggang. Berdasarkan ciri pertumbuhan percabangan akarnya pertumbuhan cabang akar pada kacang hijau dibedakan menjadi dua yaitu *mesophytes* dan *xerophytes*. Sistem perakaran *mesophytes*

mempunyai banyak cabang akar pada permukaan tanah dan tipe pertumbuhannya menyebar, sementara sistem perakaran *xerophytes* memiliki akar cabang lebih sedikit dan memanjang ke bawah (Purwono dan Hartono, 2005).



Gambar 1. Struktur tanaman kacang hijau (*Phaseolus radiatus*) (Rukmana, 1997).

Batang tanaman kacang hijau berukuran kecil, berbulu, dan berwarna hijau kecokelatan atau kemerah-merahan. Batang tumbuh tegak dan dapat mencapai ketinggian 30-110 cm dengan cabang yang menyebar. Setiap buku batang menghasilkan satu tangkai daun, kecuali pada daun pertama berupa sepasang daun yang berhadapan dan masing-masing daun berupa daun tunggal (Rukmana, 1997).

Daun kacang hijau terdiri dari 3 helaian dengan letak duduk daun bersilangan. Tangkai daun ada yang berwarna hijau muda atau hijau tua dan tangkai daunnya lebih panjang dari panjang daun (Andriarto dan Indarto, 2004). Seperti pada umumnya tanaman dikotil, kacang hijau memiliki susunan tulang daun yang menjari (Campbell dkk., 2003).

Bunga kacang hijau merupakan jenis bunga kupu-kupu yang berumah satu atau berkelamin ganda. Penyerbukannya terjadi di malam hari. Pagi hari bunga akan mekar dan layu di sore hari. Bunga kedelai berwarna kuning kehijauan atau kuning pucat (Purwono dan Hartono, 2005).

Buah kacang hijau berbentuk polong bulat silindris atau pipih, dengan bagian ujungnya agak runcing. Panjang polong rata-rata mencapai 5-16 cm dan berisi 10-15 biji. Warna polong berwarna hijau ketika masih muda dan akan berubah warna menjadi kecoklatan atau kehitaman setelah tua atau sudah siap panen (Purwono dan Hartono, 2005).

Biji kacang hijau berwarna hijau kusam atau hijau mengkilap, namun ada pula yang berwarna kuning kecoklatan atau coklat kehitaman. Ukuran biji kacang hijau relatif lebih kecil dibandingkan dengan biji kacang lainnya (Andrianto dan Indarto, 2004).

1.3 Manfaat dan Kendala Produksi

Secara ekonomi kacang hijau merupakan tanaman pangan yang dibutuhkan masyarakat. Oleh karena itu harganya relatif stabil. Hingga saat ini permintaan terhadap kacang hijau belum mencapai titik jenuh, terlihat dari peningkatan permintaan yang terus menerus setiap tahun (Purwono dan Hartono, 2005). Kacang hijau memiliki banyak kandungan zat gizi dan fitonutrien diantaranya: asam folat, protein, thiamin, asam pentotenat, provitamin A, vitamin B1, vitamin B2, mineral, potasium, kalsium, kalium, isoflavon, fitoestrogen dan saponin. Manfaat kacang hijau dalam kesehatan antara lain dapat membantu menurunkan kolesterol dan resiko terkena artherosklerosis, sebagai antioksidan, mencegah osteoporosis, menurunkan resiko serangan jantung dan struk serta mengurangi sakit pada masa monopause pada wanita (Wirakusumah, 2005).

Secara agronomi, kacang hijau termasuk jenis tanaman yang tahan terhadap kekeringan, dapat tumbuh pada tanah yang kurang subur, tahan terhadap hama dan penyakit serta sistem penanamannya relatif mudah. Dengan umurnya yang pendek kacang hijau bisa menjadi penyangga pangan dalam rangka ketahanan pangan. Tanaman ini dapat menggantikan tanaman padi di musim kemarau. Kacang hijau dapat tumbuh di sawah tadah hujan ataupun daerah yang beririgasi kurang baik karena tanaman kacang hijau tidak perlu pengelolaan tanah, pemupukan dan pengairan yang intensif (Purwono dan Hartono, 2005). Kelemahan yang dihadapi di Indonesia adalah peningkatan kebutuhan kacang hijau yang tidak diikuti oleh pemakaian teknologi

penanaman yang tepat dan perkembangan luas lahan tanamnya sehingga untuk memenuhi ketersediaan tersebut harus mengimpor dari beberapa Negara lain seperti India, Filipina dan Thailand.

Kurangnya perhatian dan pemahaman para petani terhadap budi daya kacang hijau menyebabkan perlu waktu yang cukup lama untuk mendapatkan hasil panen dan atau panen kacang hijau tidak dapat serempak. Kendala tersebut dapat diatasi dengan pemakaian bibit unggul dan perbaikan teknologi.

Namun saat ini ketersediaan bibit unggul relatif masih sedikit demikian pula dengan adopsi teknologi pertanian (Purwono dan Hartono, 2005). Hasil survei sosial ekonomi nasional (susenas) dan badan pusat statistika (BPS) menunjukkan kebutuhan kacang hijau nasional tahun 2007-2011 rata-rata mencapai 1,93 % sedangkan ketersediaannya hanya mencapai rata-rata 0,16 %. Data tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan kacang hijau tidak mampu memenuhi target kebutuhan nasional (Kementrian pertanian. 2012).

2. Kedelai

2.1 Biologi kedelai

Kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *Glycine soja* dan *Soja max*. Pada tahun 1948 disepakati bahwa nama botani kedelai yang dapat diterima dalam istilah ilmiah, yaitu *Glycine max* (L.) Merrill. Secara taksonomi, kedelai dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Regnum	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida

Ordo : Fabales
Family : Fabaceae/Leguminosae
Genus : *Glycine*
Species : *Glycine max* (L.) Merrill (Adisarwanto, 2005).

2.2 Morfologi dan Budidaya



Gambar 2. Tanaman kedelai (Irwan, 2006).

Sistem perakaran kedelai terbentuk dari calon akar yang membentuk akar tunggang. Beberapa akar sekunder, cabang akar sekunder dan cabang akar adventif tumbuh dari bagian bawah hipokotil (Adie dan Krisnawati, 2004). Akar kedelai muncul dari belahan kulit biji yang muncul di sekitar misofil. Calon akar tersebut kemudian tumbuh dengan cepat ke dalam tanah, sedangkan kotiledon yang terdiri dari dua keping akan terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan yang cepat dari hipokotil (Irwan, 2006). Akar kedelai memiliki bintil-bintil akar yang merupakan kumpulan

bakteri pengikat nitrogen, *Rhizobium japonicum*. Bakteri bintil akar mampu mengikat nitrogen langsung dari udara dalam bentuk gas N_2 yang kemudian digunakan kedelai setelah dioksidasi menjadi nitrat (NO_3). Terjadi simbiosis mutualisme antara bakteri bintil akar dengan kedelai. Dalam simbiosis ini akar kedelai mendapatkan nitrat dari bakteri *rhizobium*, dan bakteri *rhizobium* mendapatkan karbohidrat dari akar kedelai yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Bakteri *Rhizobium* biasanya terdapat di dalam tanah. Jika tanah ditanami kedelai maka bintil akar akan terbentuk dalam waktu sekitar 15-20 hari setelah tanam (Andrianto dan Indarto, 2004).

Batang kedelai berkisar antara 30-100 cm. Batang tanaman kedelai berasal dari jaringan embrio. Bagian atas poros embrio berakhir dengan epikotil yang pendek dan bagian hipokotilnya akan membentuk batang (Lamina, 1989). Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe *determinate* dan *indeterminate*. Perbedaan sistem pertumbuhan *determinate* dan *indeterminate* didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe *determinate* ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe *indeterminate* dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Jumlah buku pada batang tanaman dipengaruhi oleh tipe tumbuh batang dan periode panjang penyinaran pada siang hari. Pada kondisi normal, jumlah buku berkisar 15-30 buah. Jumlah buku batang *indeterminate* umumnya lebih banyak dibandingkan batang *determinate* (Irwan, 2006).

Tanaman kedelai mempunyai dua bentuk daun yang dominan, yaitu stadia kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berbentuk kecambah dengan dua helai daun tunggal dan daun bertangkai tiga (*trifoliate leaves*) yang tumbuh selepas masa perkecambahan. Umumnya, bentuk daun kedelai ada dua, yaitu bulat (oval) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Bentuk daun diperkirakan mempunyai korelasi yang sangat erat dengan potensi produksi biji. Umumnya, daun mempunyai bulu, panjang bulu bisa mencapai 1 mm (Irwan, 2006).

Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu. Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak tangkai daun. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun beragam, antara 2-5 bunga, tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bunga pertama yang terbentuk umumnya pada buku kelima, keenam, atau pada buku yang lebih tinggi. Pembentukan bunga juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Pada suhu tinggi dan kelembaban rendah, sinar matahari yang menyinari ketiak tangkai daun lebih banyak. Hal ini akan merangsang pembentukan bunga. Setiap ketiak tangkai daun yang memiliki kuncup bunga dan dapat berkembang menjadi polong disebut sebagai buku subur. Tidak setiap kuncup bunga dapat tumbuh menjadi polong, hanya berkisar 20-80%. Periode berbunga pada tanaman kedelai cukup lama yaitu 3-5 minggu untuk daerah subtropik dan 2-3 minggu di daerah tropik, seperti di Indonesia. Jumlah bunga pada tipe batang determinate umumnya lebih sedikit dibandingkan pada batang tipe

indeterminate. Warna bunga pada berbagai varietas kedelai hanya dua, yaitu putih dan ungu (Irwan, 2006).

Buah kedelai berbentuk polong. Polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50, bahkan ratusan. Kecepatan pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong, dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak (Irwan, 2006).

Biji kedelai terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu kulit biji dan embrio. Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut *hilum* yang berwarna coklat, hitam, atau putih. Pada ujung *hilum* terdapat mikrofil, berupa lubang kecil yang terbentuk pada saat proses pembentukan biji. Warna kulit biji bervariasi, mulai dari kuning, hijau, coklat, hitam, atau kombinasi campuran dari warna-warna tersebut. Biji kedelai tidak mengalami masa dormansi sehingga setelah proses pembijian selesai, biji kedelai dapat langsung ditanam. Namun demikian, biji tersebut harus mempunyai kadar air berkisar 12-13% (Irwan, 2006).

3. Manfaat dan Kendala Produksi

Kedelai merupakan bahan pokok tempe yang merupakan produk makanan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia maupun dunia, selain diolah menjadi tempe kedelai juga dapat diolah menjadi tahu dan susu kedelai. Kedelai memiliki kandungan protein yang sangat tinggi yang dapat berfungsi sebagai pembangun tubuh, penambah stamina dan membantu perkembangan sel-sel otak. Kedelai juga mengandung isoflavin yang mampu mencegah kanker, isoflavin kedelai juga bersifat *antiaging* yang baik untuk membantu menangkal radikal bebas yang dapat menyebabkan penuaan dini (Ihsan, 2011).

Kendala dalam pemenuhan kebutuhan kedelai antara lain ketersediaan bibit unggul serta lahan tanam. Perkembangan tanaman kedelai beberapa tahun terakhir menunjukkan penurunan yang cukup besar, mencapai sekitar 50%, baik karena luas areal maupun produksinya. Pada tahun 1992 luas areal tanaman kedelai mencapai 1,6 juta ha, sedangkan pada tahun 2003 luas areal hanya 600.000 ha. Total produksi selama periode yang sama menurun dari 1,9 juta ton menjadi 700 000 ton (Irwan, 2006).

Target produksi yang telah ditetapkan dalam rencana kerja pemerintah (RKP) tahun 2011-2012 yaitu masing-masing sebanyak 1,5 juta ton dan 1,6 juta ton. Berdasarkan data yang diperoleh dari badan pusat statistik (BPS) dan kementerian pertanian menunjukkan bahwa capaian produksi kedelai tahun 2010-2012 sebanyak 0,9 juta ton, 0,85 juta ton dan 0,84 juta ton artinya

selain terjadi penurunan produksi kedelai juga hasil produksi tersebut tidak mampu memenuhi target kebutuhan nasional (Bappenas, 2014).

B. Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

1. Pertumbuhan dan Perkecambahan

Pertumbuhan merupakan penambahan ukuran, volume, jumlah sel serta berat. Pertumbuhan terbatas pada beberapa bagian tertentu tanaman. Berbeda dengan perkembangan, perkembangan merupakan pertumbuhan serta diferensiasi sel menjadi jaringan, organ dan organisme. Pertumbuhan dan perkembangan merupakan kelanjutan dari pembelahan sel, pembesaran sel dan diferensiasi sel (Salisbury dan Ross, 1995).

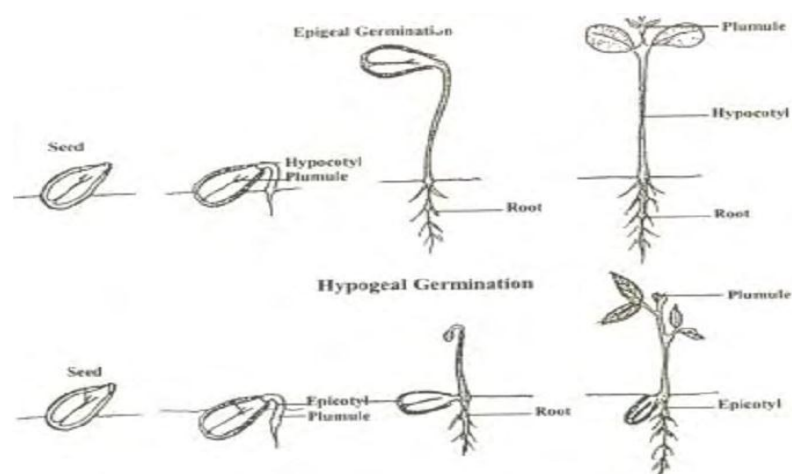
Perkecambahan adalah serangkaian proses penting yang terjadi pada biji setelah fase dorman sampai menjadi biji yang terus tumbuh. Biji merupakan suatu bentuk embrio yang masih dalam keadaan perkembangan dorman, perkecambahan akan berlangsung pada waktu dan tempat yang mendukung terjadinya perkecambahan (Sutopo, 1988).

Perkecambahan melibatkan beberapa proses diantaranya proses fisiologis dan morfologis yang meliputi absorpsi oksigen, pengaktifan enzim, peningkatan respirasi, transfer molekul, hidrasi jaringan, inisiasi pembelahan dan pembesaran sel, imbibisi serta absorpsi air (Gardner dkk., 1991). Imbibisi adalah proses awal perkecambahan yang ditandai dengan absorpsi air pada biji, banyaknya imbibisi air bergantung pada komposisi kimia biji.

Kandungan air hasil dari imbibisi yang kurang dari batas optimum dapat memperlambat proses perkecambahan.

Perkembangan perkecambahan merupakan hidrolisis cadangan makanan yang disimpan dan disintesis pada jaringan baru dengan melibatkan enzim. Senyawa yang dihidrolisis berupa gula, asam amino, asam lemak dan mineral (Gardner dkk., 1991).

Perkecambahan dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu *epigeal* dan *hypogeal*. Tipe *epigeal* merupakan perkecambahan yang hipokotilnya memanjang disebabkan kotiledon yang terangkat ke atas tanah misal pada tanaman kacang hijau, tomat, jarak dan labu. Sedangkan tipe *hypogeal* adalah perkecambahan yang bagian epikotilnya tumbuh aktif memanjang dan kotiledonnya tetap berada dalam tanah. Sebelum plumula mencapai permukaan tanah kotiledon melengkung ke bawah seperti kail. Tanaman yang memiliki tipe perkecambahan *hypogeal* adalah kacang kapri dan jagung (Loveless, 1989).



Gambar 3. Tipe perkecambahan (Irwan, 2006).

Pada saat kecambah berumur 5 hari organ-organ sudah terlihat jelas seperti epikotil, hipokotil dan daun, di dalam organ-organ tersebut ditemui jaringan-jaringan seperti xylem, parenkim, dan stomata.

Xylem merupakan jaringan pengangkut yang mengangkut air dan mineral dari akar menuju daun. Xilem terdiri atas unsur-unsur sebagai berikut: Unsur trakeal yang terdiri dari trakea yang sel-selnya berbentuk tabung dan trakeid yang sel-selnya lancip panjang, dinding selnya berlubang-lubang. Serabut xilem yang terdiri dari sel-sel panjang dan ujungnya meruncing. Parenkim kayu yang berisi berbagai zat seperti cadangan makanan, tannin dan kristal (Campbell dkk., 2003).

Parenkim merupakan jenis sel tumbuhan yang relatif belum terspesialisasi yang melakukan sebagian besar kegiatan metabolisme, sintesis, dan menyimpan hasil organik kemudian berkembang menjadi jenis sel yang lebih terdiferensiasi (Campbell dkk., 2003). Jaringan parenkim disebut sebagai jaringan dasar karena banyak dijumpai hampir di setiap bagian tumbuhan, dengan karakteristik selnya berupa sel hidup, struktur dan fungsinya sangat bervariasi, memiliki vakuola yang besar, dan memiliki dinding sel yang tipis. Sel-sel penyusun jaringan parenkim tidak terspesialisasi. Oleh karena itu, sel-sel jaringan parenkim dapat berubah menjadi jaringan lain. Sel-sel jaringan parenkim juga bersifat fleksibel (lentur). Hal ini dimungkinkan karena dinding selnya tipis (Mulyani, 2006).

Stomata merupakan lubang atau pori mikroskopik yang dikelilingi oleh sel pelindung pada epidermis daun dan batang yang memungkinkan adanya pertukaran gas antara lingkungan dan bagian dalam tumbuhan (Campbell dkk., 2003). Secara garis besar mekanisme kerja stomata bergantung pada tekanan air sel penjaga. Sel penjaga dilengkapi dengan mikrofibril yang membantu pengembangan dan pengempisan sel penjaga tersebut. Pada kondisi tumbuhan yang cukup air, sel penjaga mengembang sehingga stomata akan terbuka. Namun apabila tumbuhan mengalami kekurangan air, air dalam sel penjaga akan keluar mengakibatkan sel penjaga mengempis dan menutup bukaan stomata (Hopkins dan Huner, 2009).

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkecambahan

Faktor yang mempengaruhi perkecambahan benih antara lain :

Tingkat kematangan benih

Biji yang dipanen sebelum mencapai tingkat kematangan fisiologisnya tercapai tidak akan memiliki viabilitas yang tinggi karena belum memiliki cadangan makanan yang cukup serta pembentukan embrio yang belum sempurna (Sutopo, 2002). Pada umumnya sewaktu kadar air biji menurun dengan cepat hingga mencapai sekitar 20 persen, maka biji tersebut telah mencapai kematangan fisiologis atau fungsional, mencapai berat kering maksimum, daya tumbuh maksimum, daya kecambah maksimum (viabilitas) atau dengan kata lain biji mempunyai mutu (vigor) tertinggi (Kamil, 1979).

Ukuran biji

Biji yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kecil pada jenis yang sama.

Cadangan makanan yang terkandung dalam jaringan penyimpan digunakan sebagai sumber energi bagi embrio pada saat perkecambahan (Sutopo, 2002).

Berat biji berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan dan produksi karena berat biji menentukan besarnya kecambah pada saat permulaan dan berat tanaman pada saat dipanen (Blackman dalam Sutopo, 2002).

Dormansi

Biji dikatakan dorman apabila biji tersebut sebenarnya hidup tetapi tidak berkecambah walaupun diletakkan pada keadaan yang secara umum dianggap telah memenuhi persyaratan bagi suatu perkecambahan atau juga dapat dikatakan dormansi biji menunjukkan suatu keadaan dimana biji-biji sehat (viabel) namun gagal berkecambah ketika berada dalam kondisi yang secara normal baik untuk berkecambah, seperti kelembaban yang cukup, suhu dan cahaya yang sesuai (Lambers 1992 dan Schmidt 2002).

Hormon

Tidak semua hormon tumbuhan (fitohormon) bersifat mendukung proses perkecambahan. Ada beberapa fitohormon yang menghambat proses perkecambahan. Fitohormon yang berfungsi yang merangsang perkecambahan adalah:

a. Auksin

Auksin berperan dalam menghentikan dormansi biji dan merangsang proses perkecambahan biji serta memacu proses terbentuknya akar.

Auksin banyak diproduksi di jaringan meristem di dalam ujung-ujung tanaman seperti pucuk, kuncup bunga, tunas daun dan lain-lainnya lagi (Dwidjoseputro, 1990)

b. Giberelin

Giberelin berperan dalam mobilisasi bahan makanan selama proses perkecambahan. Pertumbuhan embrio selama perkecambahan bergantung pada persiapan bahan makanan yang berada di dalam endosperma. Untuk keperluan kelangsungan hidup embrio maka terjadilah penguraian secara enzimatik yaitu terjadi perubahan pati menjadi gula yang selanjutnya ditranslokasikan ke embrio sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya. Peran giberelin diketahui mampu meningkatkan aktivitas enzim amylase.

c. Sitokinin

Sitokinin berinteraksi dengan giberelin dan auksin untuk mematahkan dormansi biji. Selain itu, sitokinin juga mampu memicu pembelahan sel dan pembentukan organ. Sitokinin alami dihasilkan pada jaringan yang tumbuh aktif terutama pada akar, embrio dan buah.

Fitohormon yang berfungsi sebagai penghambat perkecambahan antara lain:

a. Etilen

Etilen berperan dalam menghambat transportasi auksin secara basipetal dan lateral. Adanya etilen dapat menyebabkan rendahnya konsentrasi auksin dalam jaringan. Etilen diproduksi oleh tumbuhan tingkat tinggi dari asam amino metionin yang esensial pada seluruh jaringan tumbuhan.

b. Asam Absisat

Asam Absisat bersifat menghambat perkecambahan dengan menstimulasi dormansi biji. Selain itu, asam absisat akan menghambat proses pertumbuhan tunas. Penghambat perkecambahan menurut Kuswanto (1996), penghambat perkecambahan biji dapat berupa kehadiran inhibitor baik dalam biji maupun di permukaan biji, adanya larutan dengan nilai osmotik yang tinggi serta bahan yang menghambat lintasan metabolik atau menghambat laju respirasi.

Air

Penyerapan air oleh biji dipengaruhi oleh sifat biji itu sendiri terutama sifat kulit pelindungnya dan jumlah air yang tersedia pada media di sekitarnya.

Sedangkan jumlah air yang diperlukan bervariasi tergantung kepada jenis bijinya. Laju absorpsi air dipengaruhi pula oleh suhu (Sutopo, 2002).

Umumnya biji memerlukan kadar air minimal sekitar 30 sampai 55 % untuk berkecambah (Kamil, 1979). Menurut Kamil (1979), sekitar 70 %

protoplasma sel terdiri dari air. Fungsi air selama perkecambahan antara lain:

melembabkan atau melunakkan kulit biji sehingga dapat pecah atau robek dan terjadi pengembangan embrio dan endosperm; memberikan fasilitas masuknya oksigen kedalam biji melalui dinding sel yang diimbibisi oleh air sehingga gas dapat masuk ke dalam sel secara difusi; mengencerkan protoplasma sehingga dapat mengaktifkan sejumlah proses fisiologis dalam embrio seperti pencernaan, pernapasan, asimilasi dan pertumbuhan; mengangkut bahan makanan dari endosperm atau kotiledon ke titik tumbuh dimana akan terbentuk protoplasma baru. Proses-proses tersebut tidak akan berjalan secara normal, apabila protoplasma tidak mengandung air yang cukup (Kusfebriani dkk., 2010).

Suhu

Suhu merupakan syarat penting bagi perkecambahan biji, tetapi tidak bersifat mutlak sama seperti kebutuhan terhadap air dimana biji membutuhkan tingkat kelembaban minimal yang bersifat khusus untuk perkecambahan. Pada suhu minimum yaitu antara 0-5° C kemungkinan besar biji akan gagal berkecambah atau tetap tumbuh namun dalam keadaan yang abnormal. Pada suhu 30-40°C atau suhu maksimum perkecambahan masih mungkin untuk berlangsung secara normal. Suhu di atas maksimum dan atau di bawah minimum biasanya mematikan biji karena keadaan tersebut menyebabkan mesin metabolisme biji menjadi nonaktif sehingga biji menjadi busuk dan mati. Biji akan berkecambah dengan baik pada suhu optimum yaitu antara 26,5-35° C dimana kecepatan dan persentase biji yang berkecambah berada pada posisi tertinggi selama proses perkecambahan berlangsung. Suhu optimum merupakan suhu

yang menguntungkan bagi berlangsungnya perkecambahan biji (Kusfebriani dkk., 2010).

Oksigen

Oksigen berperan penting pada proses respirasi. Saat proses perkecambahan berlangsung, laju respirasi meningkat disertai dengan peningkatan penyerapan oksigen dan pelepasan CO₂, air dan energi panas. Terbatasnya ketersediaan oksigen akan menghambat proses perkecambahan biji (Sutopo, 2002).

Menurut Kamil (1979) umumnya biji berkecambah dalam udara yang mengandung 29% oksigen namun untuk benih yang dorman, perkecambahan akan berlangsung jika oksigen yang masuk ke dalam biji ditingkatkan sampai 80%, karena biasanya oksigen yang masuk ke embrio dalam biji yang dorman kurang dari 3% (Kusfebriani dkk., 2010).

Cahaya

Pengaruh cahaya berkaitan langsung dengan lama penyinaran harian matahari (fotoperiodisitas). Hubungan antara pengaruh cahaya dan perkecambahan biji dikontrol suatu sistem pigmen yang disebut *fitochrom*. Fitokrom tersusun dari *chromophore* dan protein. *Chromophore* adalah pigmen yang peka terhadap cahaya. *Fitochrom* memiliki dua bentuk yang sifatnya *reversible* (bolak-balik) yaitu *fitochrom* merah yang mengabsorpsi sinar merah dan *fitochrom* infra merah yang mengabsorpsi sinar infra merah. Bila pada biji yang sedang berimbibisi diberikan cahaya merah, maka *fitochrom* merah akan berubah menjadi *fitochrom* infra merah dan menginduksi reaksi perkecambahan.

Sebaliknya bila diberikan cahaya infra merah, *fitochrom* infra merah akan berubah menjadi *fitochrom* merah yang kemudian menginduksi reaksi penghambatan perkecambahan. Di alam, cahaya merah mendominasi cahaya infra merah sehingga lebih banyak pigmen *fitochrom* yang diubah ke bentuk *fitochrom* infra merah yang aktif.

Kebutuhan biji akan cahaya untuk perkecambahannya bervariasi tergantung pada jenis tanaman (Sutopo, 2002). Adapun besar pengaruh cahayanya terhadap perkecambahan tergantung pada intensitas cahaya, kualitas cahaya, lamanya penyinaran (Kamil, 1979). Menurut Adriance and Brison dalam Sutopo (2002) pengaruh cahaya terhadap perkecambahan biji dapat dibagi atas 4 golongan yaitu golongan yang memerlukan cahaya mutlak, golongan yang memerlukan cahaya untuk mempercepat perkecambahan, golongan dimana cahaya dapat menghambat perkecambahan, serta golongan dimana biji dapat berkecambah baik pada tempat gelap maupun ada cahaya.

C. Medan Magnet dan Prospek Manfaatnya Untuk Tanaman Pertanian

Magnet berasal dari bahasa Yunani yang artinya batu magnesian. Kata magnesian diambil dari nama kota tempat ditemukannya batu tersebut. Magnet dikenal sejak 800 SM ketika manusia menemukan sejenis batuan yang mampu menarik potongan besi kecil (Giancoli, 1998). Berdasarkan ilmu fisika medan magnet merupakan medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik yang menyebabkan timbulnya gaya di muatan listrik lainnya yang bergerak.

Magnet terdiri dari dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan. Pergerakan garis-garis medan magnet dari arah kutub utara ke kutub selatan (Haliday dan Resnick, 1986). Gaya medan magnet dapat digambarkan dengan garis-garis bayangan. Semakin jauh dari sumber magnet maka semakin kecil pengaruh gaya tarik medan magnet tersebut (Supiyanto, 2012).

Gaya tarik menarik atau saling tolak pada medan magnet menyerupai gaya Coloumb atau listrik statis yang membedakan adalah sumbernya. Pada medan magnet kutub utara dan kutub selatan selalu berpasangan dan tidak terpisah satu sama lain meskipun medan magnet dipotong hingga ukuran kecil tetap akan muncul kutub utara dan kutub selatan. Sedangkan pada medan listrik muatan negatif dan positifnya dapat dipisahkan (Ishaq, 2007).

Diketahui medan magnet dapat menstimulasi perkembangan tunas dalam proses perkecambahan (Aladadjjian, 2002). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Morejon dkk (2007), medan magnet dapat menstimulasi proses perkecambahan pada biji pinus (*Pinus tropicalis* M) perkecambahan dapat meningkat dari 43% hingga 81 %. Perlakuan medan magnet juga mempengaruhi sifat kimia dan fisika air yang terkandung dalam biji seperti tegangan permukaan air, salinitas, yang memungkinkan terjadinya proses percepatan perkecambahan di dalam biji (Morejon dkk., 2007). Pengaruh medan magnet juga berpengaruh terhadap perkecambahan *Zea mays* ini dibuktikan oleh Aladadjjian (2002), menunjukkan bahwa perkecambahan *Zea mays* dibawah perlakuan medan magnet 0,15 T selama 10 menit meningkat

hingga 72 % dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan medan magnet) ini dapat ditandai dengan meningkatnya permeabilitas biji. Telah dibuktikan bahwa terdapat perubahan yang spesifik elektrokonduktifitas pada ekstrak biji *Zea mays* terhadap medan magnet (Aladjajian, 2002). Pada penelitian yang dilakukan Alikamanoglu dkk (2007) menunjukkan bahwa medan magnet dan radiasi gamma menyebabkan percepatan pertumbuhan pada tanaman *Paulownia tomentosal* (Alikmanoglu dkk., 2007).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa lama paparan medan magnet 0,1 mT mempengaruhi perkecambahan tanaman legum dan aktivitas enzim α -amilase dalam biji kacang kedelai. Lama paparan medan magnet yang baik untuk mempercepat perkecambahan kacang hijau yaitu 11 menit 44 detik (11'44'') dan 15 menit 36 detik (15'36'') pada kecambah kedelai (Angraini, 2012). Paparan medan magnet menyebabkan pembesaran diameter pembuluh xylem, sel parenkim dan luas stomata pada tanaman tomat (Sari, 2011).