

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Botani Tanaman Kacang Hijau

2.1.1 Sistematika Kacang Hijau

Menurut Purwono (2008), kacang hijau termasuk dalam keluarga Leguminosae, dengan sistematika atau klasifikasi botani sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Bangsa : Rosales
Suku : Leguminosae (Fabaceae)
Marga : Vigna
Jenis : *Vigna radiata* L.

2.1.2 Morfologi Kacang Hijau

Kacang hijau merupakan tanaman berumur pendek, biasanya berbunga pada umur antara 30-70 hari., dan polongnya menjadi tua antara 60-120 hari setelah tanam. Kacang hijau pada umumnya memiliki sifat tumbuh terbatas (determinat), tetapi karena perbungaan tetap meristematik dan dapat mengeluarkan bunga lagi setelah melewati suatu keadaan buruk, tanaman ini dapat berbunga dan berbuah dalam waktu beberapa minggu (Rukmana : 1997).

Seperti halnya tanaman yang lainnya, kacang hijau juga memiliki ciri-ciri morfologi yang membedakan dengan tanaman yang lain, yaitu dalam segi bentuk, ukuran, dan warnanya. Hal ini telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam Al-Qur'an surat al-An'am/ 6 : 99 yaitu:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنَوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۚ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ



Artinya: “dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman” (Qs. al-An'am/6: 99).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa setiap tanaman memiliki ciri-ciri morfologi yang berbeda. Hal tersebut dijelaskan dengan adanya kata hijau (خضرا), biji yang banyak (حبًا متراكبًا) dan tangkai-tangkai yang menjulang (قنوان). Kata hijau (خضرا) pada ayat tersebut secara morfologi menunjukkan warna daun yang mayoritas berwarna hijau termasuk daun kacang hijau. Warna hijau pada daun menunjukkan adanya banyak klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis. Meskipun mayoritas daun berwarna hijau tetapi secara morfologi masing-masing

daun berbeda dilihat dari segi bentuk, susunan tulang daun, susunan daun dan warna daun itu sendiri.

Pada kalimat (حبا متراكبا) yang bermakna “butir yang banyak” maksudnya adalah dari tangkai tersebut dikeluarkan biji-bijian seperti tangkai gandum, tangkai kedelai dan tangkai kacang hijau yang memiliki biji yang berantai dalam bentuk polong. Biji juga dicirikan sebagai bentuk morfologi yang menjadi ciri khas suatu tanaman. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari bentuk biji, warna dan susunan biji tersebut.

Selain kedua kata tersebut, karakteristik morfologi juga ditunjukkan pada kata (قنوان دانية) yang bermakna “tangkai-tangkai yang menjulai” maksudnya adalah tangkai-tangkai yang menggantung. Setiap tanaman juga memiliki ciri tangkai yang berbeda dilihat dari segi bentuk, ukuran dan warna.

Kacang hijau adalah tanaman pendek bercabang tegak. Bagian dari tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) terdiri dari akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Berikut deskripsi masing-masing bagian tanaman :

1. Akar

Tanaman kacang hijau berakar tunggang sebagaimana tersaji pada gambar 2.1. Sistem perakarannya dibagi dua yaitu mesophytes dan xerophytes. Mesophytes mempunyai banyak cabang akar pada permukaan tanah dan tipe pertumbuhannya menyebar. Sedangkan xerophytes memiliki akar cabang lebih sedikit dan memanjang kearah bawah (Purwono, 2008).



Gambar 2.1 Sistem Perakaran Tunggang Kacang Hijau (*Vigna radiata*)
(Purwono, 2008)

2. Batang

Batang kacang hijau berbentuk bulat dan berbuku-buku sebagaimana tersaji pada gambar 2.2. Ukurannya kecil, berbulu, berwarna hijau kecoklatan atau kemerahan. Setiap buku batang menghasilkan satu tangkai daun, kecuali pada daun pertama berupa sepasang daun yang berhadap-hadapan dan masing-masing daun berupa daun tunggal. Batang kacang hijau tumbuh tegak dengan ketinggian mencapai 1 m. Cabangnya menyebar ke semua arah (Purwono, 2008).



Gambar 2.2 Bentuk Batang Kacang Hijau (*Vigna radiata*)
(Purwono, 2008)

3. Daun

Daun kacang hijau tumbuh majemuk, terdiri dari tiga helai anak daun setiap tangkai. Helai daun berbentuk oval dengan bagian ujung lancip dan berwarna hijau muda hingga hijau tua. Daun terletak berseling. Tangkai daun lebih panjang dari pada daunnya sendiri. Bentuk daun tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3 (Purwono, 2008).



Gambar 2.3 Bentuk Daun Kacang Hijau (*Vigna radiata*)
(Purwono, 2008)

4. Bunga

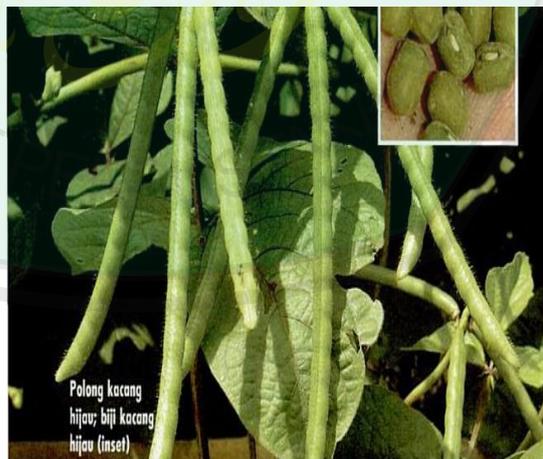
Bunga kacang hijau berbentuk seperti kupu-kupu dan berwarna kuning kehijauan atau kuning pucat sebagaimana tersaji pada gambar 2.4. Bunganya termasuk jenis hermaphrodit atau berkelamin sempurna. Proses penyerbukan terjadi pada malam hari sehingga pada pagi harinya bunga akan mekar dan pada sore hari menjadi layu (Purwono, 2008)



Gambar 2.4 Jenis dan Bentuk Bunga Kacang Hijau (*Vigna radiata*)
(Purwono, 2008)

5. Buah

Buah kacang hijau berbentuk polong sebagaimana tersaji pada gambar 2.5. Panjang polong sekitar 5-16 cm. setiap polong berbentuk bulat silindris atau pipih dengan ujung agak runcing atau tumpul. Polong muda berwarna hijau, setelah tua berubah menjadi kecoklatan atau kehitaman. Polongnya mempunyai rambut-rambut pendek atau berbulu (Purwono, 2008).



Gambar 2.5 Bentuk Buah Kacang Hijau (*Vigna radiata*)
(Purwono, 2008)

6. Biji

Biji kacang hijau berbentuk bulat. Biji kacang hijau lebih kecil dibandingkan dengan biji kacang tanah atau kacang kedelai, yaitu bobotnya hanya sekitar 0,5-0,8 mg. kulitnya hijau berbiji putih. Bijinya sering dibuat kecambah atau taoge. Tipe perkecambahan biji kacang hijau adalah epigeal dan termasuk biji dikotil yaitu biji berkeping dua (Purwono, 2008).

2.2 Syarat Tumbuh Kacang Hijau

Setiap tanaman yang akan ditanam dalam suatu lahan memiliki syarat atau kriteria tertentu agar tanaman tersebut dapat tumbuh dengan baik dan subur. Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) dapat tumbuh dengan baik apabila lingkungan tempat tumbuhnya dapat memenuhi syarat tumbuh bagi tanaman ini. Keadaan lingkungan tumbuh yang perlu diperhatikan adalah: iklim dan tanah, sebagaimana firman Allah SWT. dalam Al-Qur'an surat Al-A'raaf/ 7: 58:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ ۗ وَالَّذِي خَبِثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكْدًا ۗ كَذَٰلِكَ نُصَرِّفُ
الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ﴿٥٨﴾

Artinya : dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.

Ayat tersebut menjelaskan bahwa segala macam tumbuhan termasuk kacang hijau dapat tumbuh baik apabila tanahnya subur (والبلد الطيب), karena tanah menjadi syarat utama bagi tumbuhnya tumbuhan. Tanah yang subur adalah tanah yang mengandung unsur hara yang cukup sehingga tanaman dapat tumbuh dengan

baik. Jika unsur hara kurang, maka pertumbuhan tanaman akan terhambat. Kesuburan tanah adalah suatu kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara dengan jumlah yang cukup dan seimbang. Tanaman mempunyai kebutuhan unsur hara makro yang meliputi Ca, Mg, K, N, P dan S, dan unsur mikro terdiri dari Fe, Mn, Bo, Cu, Zn, Mo, Cl yang masing-masing jumlah kebutuhannya tidak sama (Salisbury, 1992).

Tanah yang buruk (والذي خبث) yakni tanah yang tidak subur. Allah tidak memberinya potensi untuk menumbuhkan buah yang baik, karena itu tanaman-tanamannya tumbuh merana (إلا نكدا), hasilnya sedikit dan kualitasnya rendah. Tanah tidak subur yaitu tanah yang kurang mempunyai kemampuan menyediakan semua elemen-elemen esensial bagi tanaman agar dapat berproduksi dengan optimal.

Firman Allah Swt. (كذلك نصرف الآيت لقوم يشكرون) menjelaskan tentang tanda-tanda kebesaran-Nya itu satu demi satu. Tanda-tanda tersebut merupakan perintah kepada manusia untuk mengelola tanah tersebut sehingga nantinya bisa menghasilkan hasil yang melimpah ketika bercocok tanam (Ath-Thabari, 2008).

Kacang hijau merupakan tanaman tropis yang menghendaki suasana panas selama hidupnya. Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik di daerah dataran rendah hingga ketinggian 500 m dpl (Fachruddin, 2000). Sedangkan menurut Purnomo (2007), di daerah dengan ketinggian 750 dpl produksi kacang hijau menurun. Menurut Rukmana (2004), berdasarkan indikator di daerah sentrum produsen, keadaan iklim yang ideal untuk tanaman kacang hijau adalah daerah yang bersuhu 25° C – 27° C dengan kelembaban udara 50% - 80%, curah hujan

antara 50 mm - 200 mm/bulan, dan cukup mendapat sinar matahari (tempat terbuka). Jumlah curah hujan dapat mempengaruhi produksi kacang hijau. Tanaman ini cocok ditanam pada musim kering (kemarau) yang rata-rata curah hujannya rendah.

Tanaman kacang hijau dapat tumbuh hampir pada semua jenis tanah yang banyak mengandung bahan organik, dengan drainase yang baik. Namun demikian, tanah yang paling cocok bagi tanaman kacang hijau ialah tanah liat berlempung atau tanah lempung, misalnya Podsolik Merah Kuning (PMK) dan latosol. Keasaman (pH) tanah yang dikehendaki berkisar antara 5,8 – 6,5 (Fachruddin, 2000).

Tanaman kacang hijau menghendaki tanah yang tidak terlalu berat. Artinya, tanah tidak terlalu banyak mengandung tanah liat. Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi sangat sesuai untuk tanaman kacang hijau. Tanah berpasir pun dapat digunakan untuk media pertumbuhan tanaman kacang hijau, asalkan kandungan air tanahnya tetap tersedia (Purwono, 2008).

2.3 Manfaat Kacang Hijau

Kacang hijau merupakan sumber protein nabati, vitamin (A, B, C, D dan E), serta beberapa zat lain yang sangat bermanfaat bagi manusia seperti amilum, besi, belerang, kalsium, minyak lemak, mangan, magnesium dan niasin. Selain bijinya, daun kacang hijau muda sering dimanfaatkan sebagai sayuran. Kacang hijau bermanfaat untuk melancarkan buang air besar dan menambah semangat (Purwono, 2008).

Di lihat dari kandungan proteinnya, kacang hijau termasuk bahan makanan sumber protein kedua setelah susu skim kering. Kandungan protein kacang hijau sekitar 22%. Namun, bila dibandingkan dengan kacang- kacangan lainnya, kandungan protein kacang hijau menempati peringkat ketiga setelah kedelai dan kacang tanah (Purwono, 2008).

2.4 Karakteristik Benih

Benih tanaman industri dapat dikelompokkan menjadi benih ortodok, rekalsitran, dan intemediet. Pengelompokan tersebut didasarkan atas kepekaannya terhadap pengeringan dan suhu. Benih ortodok relatif toleran atau tahan terhadap pengeringan, benih rekalsitran peka terhadap pengeringan, sedangkan benih intermediet berada pada antara benih ortodok dan rekalsitran.

Benih kacang hijau merupakan benih ortodok, yaitu jenis benih yang tahan terhadap pengeringan dan dapat disimpan pada suhu rendah. Daya simpan benih dapat diperpanjang dengan menurunkan kadar air dan suhu (Hasanah, 2002). Menurut Kuswanto (1996), kadar air benih merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi benih dalam penyimpanan. Kadar air benih yang tinggi pada benih ortodok (seperti benih tembakau) dapat menyebabkan terjadinya penurunan viabilitas benih, begitu juga sebaliknya kadar air benih terlalu rendah 3%-5% dapat menyebabkan penurunan waktu perkecambahan benih, benih menjadi keras, sehingga pada waktu dikecambahkan air tidak dapat berimbibisi kedalam benih dan dapat menyebabkan kematian embrio. Selain termasuk benih

ortodok, jenis biji kacang hijau adalah dikotil yaitu biji berkeping dua, sedangkan tipe perkecambahan yang dimiliki yaitu tipe perkecambahan epigeal.

2.5 Viabilitas Benih

Menurut Sadjad (1994) viabilitas benih adalah daya hidup benih yang dapat ditunjukkan oleh proses pertumbuhan benih atau gejala metabolismenya. Viabilitas benih bisa meningkat juga bisa menurun. Viabilitas benih dapat dilihat dari kemampuan benih untuk berkecambah normal.

Menurut Sadjad (1994), viabilitas benih dibagi menjadi 2 macam, yaitu viabilitas optimum (viabilitas potensial) dan viabilitas suboptimum (vigor).

1. Viabilitas Optimum (viabilitas potensial)

Viabilitas potensial adalah daya tumbuh suatu benih pada kondisi optimum. Benih memiliki kemampuan potensial, sebab lapangan produksi tidak selalu dalam kondisi optimum. Sedangkan yang digunakan dalam menentukan viabilitas potensial adalah daya berkecambah dan berat kering kecambah. Hal ini didasarkan pada pengertian bahwa struktur tumbuh pada kecambah normal tentu mempunyai kesempurnaan tumbuh yang dapat dilihat dari bobot keringnya. Selain berat kering kecambah dan daya berkecambah, untuk deteksi parameter viabilitas potensial juga digunakan indikasi tidak langsung yang berupa gejala metabolisme seperti penghambatan proses respirasi yang berkaitan dengan pertumbuhan benih (Sutopo, 2004).

2. Viabilitas Suboptimum (vigor)

Menurut Sadjad (1993), viabilitas suboptimum atau vigor merupakan suatu kemampuan benih untuk tumbuh menjadi tanaman yang memproduksi normal dalam keadaan lingkungan yang suboptimum dan memproduksi tinggi dalam keadaan optimum atau mampu disimpan dalam kondisi simpan yang suboptimum dan tahan simpan lama dalam kondisi yang optimum.

Rendahnya vigor pada benih menurut Sutopo (2004) dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yakni : (1) Genetis, ada kultivar-kultivar tertentu yang lebih peka terhadap keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan, ataupun tidak mampu untuk tumbuh cepat dibandingkan dengan kultivar lainnya. (2) Fisiologis, kondisi fisiologis dari benih yang dapat menyebabkan rendahnya vigor adalah kurang masaknyanya benih pada saat panen dan kemunduran benih selama penyimpanan. (3) Morfologis, dalam mutu kultivar biasanya terjadi peristiwa bahwa benih-benih yang lebih kecil menghasilkan bibit yang kurang memiliki kekuatan tumbuh dibandingkan dengan benih besar. (4) Sitologis, kemunduran benih yang disebabkan antara lain oleh aberasi kromosom. (5) Mekanis, kerusakan mekanis yang terjadi pada benih baik pada saat panen, ataupun penyimpanan sering pula mengakibatkan rendahnya vigor pada benih. (6) Mikrobial, mikroorganisme seperti cendawan atau bakteri yang terbawa oleh benih akan lebih berbahaya bagi benih pada kondisi penyimpanan yang tidak memenuhi syarat ataupun pada kondisi lapangan yang memungkinkan berkembangnya patogen-patogen tersebut. Hal ini akan mengakibatkan penurunan vigor benih.

2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Viabilitas Benih dalam Penyimpanan

Menurut Sutopo (2004), viabilitas benih dalam penyimpanan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor luar dan faktor dalam.

1. Faktor dalam

Faktor dalam terdiri dari beberapa macam, yaitu:

a. Jenis dan sifat benih

Sangat penting diketahui apakah benih tersebut berasal dari benih tanaman dari daerah tropis, sedang atau dingin yang bersifat hydrophyt, mesophyt atau xerophyt: apakah termasuk ke dalam golongan mikrobiotik, mesobiotik atau makrobiotik dan lain-lain. Semua keterangan tentang sifat dan jenis benih ini sangat penting untuk dapat mempertahankan viabilitas benih selama penyimpanan. Cara dan tempat penyimpanan pun harus ditentukan sesuai dengan jenis dan sifat benih yang akan disimpan. Sebagai contoh benih kacang hijau yang termasuk dalam golongan mikrobiotik yang harus disimpan pada suhu 20°C dengan kadar air 11% (Sutopo, 2004).

b. Viabilitas awal benih

Benih yang akan disimpan harus mempunyai viabilitas awal yang semaksimal mungkin agar dapat disimpan dalam jangka waktu simpan yang lama. Benih-benih dengan viabilitas awal yang tinggi lebih tahan terhadap kelembaban serta temperatur tempat penyimpanan yang kurang baik dibandingkan dengan benih-benih yang memiliki viabilitas awal yang rendah (Sutopo, 2004)

c. Kandungan air benih

Benih yang akan disimpan sebaiknya memiliki kandungan air yang optimal, yaitu kandungan air tertentu sesuai dengan jenis dan sifat benih dimana benih tersebut dapat disimpan lama tanpa mengalami penurunan viabilitas benih. Sebagai contoh benih kacang hijau, kadar air sebelum disimpan harus mencapai 11-12%. Benih pada saat panen biasanya memiliki kandungan air sekitar 16-20 %, agar dapat mempertahankan viabilitas maksimumnya maka kandungan air tersebut harus diturunkan terlebih dahulu sebelum disimpan (Sutopo, 2004).

Menurut Kuswanto (1996), kadar air benih merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi benih dalam penyimpanan. Kadar air benih yang lebih dari 20% pada benih ortodok dapat menyebabkan terjadinya penurunan viabilitas benih karena dengan kadar air tersebut benih mudah mengalami kebusukan karena kadar air selama penyimpanan masih tinggi, dan juga mengakibatkan kerusakan fisiologis. Sebaliknya bila kadar air benih terlalu rendah 3%-5% dapat menyebabkan penurunan laju perkecambahan benih akibat hambatan reaksi-reaksi biokimia dalam benih, benih menjadi keras, sehingga pada waktu dikecambahkan air tidak dapat berimbibisi dan dapat menyebabkan kematian embrio.

2. Faktor luar

Faktor luar terdiri dari beberapa macam, yaitu:

a. Temperatur

Temperatur yang terlalu tinggi pada saat penyimpanan dapat mengakibatkan penurunan viabilitas benih. Hal tersebut berhubungan dengan aktivitas respirasi yang menggunakan substrat dari cadangan makanan. Cadangan

makanan yang tersedia untuk pertumbuhan embrio telah terdegradasi pada saat benih dkecambahkan, sehingga viabilitas benih akan menurun. Selain itu benih juga akan kehilangan daya imbibisi dan kemampuan untuk berkecambah. Temperatur yang optimum untuk penyimpanan benih jangka panjang adalah 0°-32°C. Temperatur berhubungan erat dengan kerja enzim, apabila temperatur naik, maka kerja enzim juga meningkat, sebaliknya apabila temperatur turun, maka kerja enzim juga menurun. Kenaikan temperatur berakibat degradasi perombakan cadangan makanan lebih giat (Sutopo, 2004).

b. Kelembaban

Kelembaban lingkungan selama penyimpanan juga sangat mempengaruhi viabilitas benih. Kandungan air yang tinggi dalam benih dengan kelembaban udara yang rendah dapat menyebabkan penguapan air dari dalam benih dan mempertinggi kelembaban udara di sekitar benih. Kelembaban nisbi lingkungan simpan harus diatur sehingga berkeseimbangan dengan kandungan air benih pada keadaan yang menguntungkan untuk jangka waktu simpan yang panjang. Kebanyakan jenis benih kelembaban nisbi antara 50%-60% adalah cukup baik untuk mempertahankan viabilitas benih paling tidak untuk jangka waktu penyimpanan selama setahun (Sutopo, 2004).

c. Gas disekitar benih

Adanya gas disekitar benih dapat mempertahankan viabilitas benih, misalnya gas CO₂ yang akan mengurangi konsentrasi O₂ sehingga respirasi benih dapat dihambat atau menggantikan O₂ dengan gas nitrogen. Benih yang dikeringkan sampai kadar air 10-12% dan dimasukkan dalam kantong aluminium

dapat bertahan lama. Benih sebagai suatu organisme hidup akan menggunakan O_2 yang ada dan menghasilkan CO_2 sehingga konsentrasi O_2 menjadi turun sedangkan konsentrasi CO_2 naik (Sutopo, 2004).

d. Mikroorganisme

Kegiatan mikroorganisme yang tergolong dalam hama dan penyakit gudang dapat mempengaruhi viabilitas benih yang disimpan, karena mikroorganisme tersebut akan mengakibatkan benih berjamur. Selain cendawan dan bakteri, virus juga dapat menyerang benih kacang hijau di dalam gudang penyimpanan, misalnya virus Bean common mosaic dan Tobacco ring-spot. (Sutopo, 2004).

2.7 Kemunduran Benih

Kemunduran benih adalah suatu gejala perubahan fisiologis yang terjadi, karena benih merupakan organisme hidup yang selalu melakukan respirasi, sehingga perombakan cadangan makanan dalam benih menjadi besar. Dapat dijelaskan bahwa kemunduran benih adalah gejala penurunan vigor/kualitas benih pada tanaman (Sutopo, 2002). Kuswanto (1996) menambahkan bahwa kemunduran suatu benih dapat dilihat dari turunnya kualitas benih dan juga kemampuan benih untuk berkecambah. Benih mencapai vigor dan viabilitas tertinggi pada saat masak fisiologis, setelah itu benih mulai mengalami penurunan vigor dan viabilitas, dan pada akhirnya benih tersebut akan mati. Peristiwa penurunan hingga mencapai kematian inilah yang disebut sebagai proses kemunduran atau deteriorasi.

Sadjad (1994) menambahkan bahwa Penurunan viabilitas benih sebenarnya merupakan perubahan fisik, yaitu terkait dengan warna benih yang sudah tidak segar lagi, berdasarkan pengamatan yang dilakukan warna benih kacang hijau yang mengalami penurunan viabilitas, terdapat warna putih pada kulit benih dan benih juga terlihat agak mengkerut. Perubahan fisiologis yaitu terkait dengan kemampuan untuk mengimbibisi air yang berkurang, dan perubahan biokimia yaitu terkait dengan perubahan kandungan beberapa senyawa seperti karbohidrat, lemak, yang dihasilkan berkurang, yang berfungsi sebagai bahan sumber energi utama. Hal tersebut yang nantinya dapat menyebabkan penurunan viabilitas benih. Penurunan viabilitas benih tersebut bisa terjadi karena adanya masa penuaan benih. Masa penuaan benih terjadi pada setiap benih yang tidak dapat dicegah, tetapi masa penuaan benih tersebut dapat dihambat.

Proses yang terjadi pada benih yang mengalami proses deteriorasi adalah kerusakan membran pada benih yang akan mengakibatkan perubahan permeabilitas membran. Materi yang seharusnya masuk ke dalam sel justru keluar dari sel, sebaliknya materi yang seharusnya berada di luar sel masuk ke dalam sel. Hal ini berakibat terjadinya proses biosintesis yang tidak berimbang (katabolisme dan anabolisme tidak sinkron), dan selanjutnya menghambat proses perkecambahan benih. Laju perkecambahan lambat, perkembangan kecambah tidak seragam dan benih rentan terhadap stres faktor lingkungan (Sadjad, 1994).

Kemunduran benih dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu:

1. Faktor Dalam Benih

Suena (2005) menambahkan bahwa kemunduran benih dari dalam merupakan kemunduran yang disebabkan karena benih itu sendiri pada saat disimpan, meskipun dengan cara dan penyimpanan yang sudah dikontrol. Faktor dalam merupakan faktor genetik. Proses deteriorasi karena waktu disebut deteriorasi kronologis artinya meskipun benih ditangani dengan baik dan faktor lingkungan mendukung, namun proses ini akan tetap berlangsung. Faktor dalam ini tergantung pada spesies dan kondisi viabilitas awal.

Selama penyimpanan, metabolisme dalam benih tetap berlangsung, sehingga terjadi perombakan cadangan makanan secara terus-menerus terhadap simpanan cadangan makanan yang akan menghasilkan energi ATP dan unsur hara. Cadangan makanan ini akan habis pada saat mulai terjadi perkecambahan biji (Suena, 2005).

2. Faktor Luar Benih

Faktor luar disebabkan oleh deraan lingkungan dan disebut proses deteriorasi fisiologis, artinya proses ini terjadi karena adanya faktor lingkungan yang tidak sesuai dengan persyaratan penyimpanan benih, atau terjadinya penyimpangan selama proses pembentukan dan prosesing benih (Suena, 2005).

Kamil (1979) menambahkan bahwa faktor luar yang berpengaruh adalah: (a) Gangguan fisik: suhu, kelembaban, udara. (b) Gangguan kimia: logam-logam berat seperti Hg, pelarut organik, pereduksi. (c) Gangguan biologis: mikroorganisme. (d) Gangguan mekanik: bentukan gesekan, benturan, perlukaan.

2.8 Perkecambahan Benih

2.8.1 Pengertian Perkecambahan Benih

Menurut Abidin (1987), pengertian perkecambahan atau daya tumbuh adalah aktivitas pertumbuhan yang sangat singkat suatu embrio dalam perkembangan dari biji menjadi tanaman muda. Sedangkan menurut Kamil (1979), perkecambahan merupakan pengaktifkan kembali embrionik biji yang terhenti yang kemudian membentuk bibit (*seedling*).

Proses perkecambahan benih merupakan suatu rangkaian kompleks dari perubahan-perubahan morfologi, fisiologi dan biokimia. Tahap pertama suatu perkecambahan benih dimulai dengan proses penyerapan air oleh benih, melunaknya kulit benih dan hidrasi dari protoplasma. Tahap kedua dimulai dengan kegiatan-kegiatan sel dan enzim-enzim serta naiknya tingkat respirasi benih, tahap ketiga merupakan tahap terjadinya penguraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi bentuk-bentuk yang melarut dan ditranslokasikan ketitik-titik tumbuh. Tahap keempat adalah asimilasi dari bahan-bahan yang telah diuraikan tadi kearah meristematik untuk menghasilkan energi bagi kegiatan pembentukan komponen dan pertumbuhan kecambah melalui proses pembelahan, pembesaran dan pembagian sel-sel pada titik tumbuh (Sutopo, 2004).

Perkecambahan dapat terjadi apabila substrat (karbohidrat, protein, lipid) berperan sebagai penyedia energi yang akan digunakan dalam proses morfologi (pemunculan organ-organ tanaman). Dengan demikian kandungan bahan kimia yang terdapat dalam biji merupakan faktor yang sangat menentukan dalam perkecambahan biji (Azhari, 1995).

Dalam Al-Qur'an surat Yaasin/36:33 dijelaskan bahwa Allah telah menumbuhkan biji-bijian.

وَأَيُّهُمُ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾

Artinya : “dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, Maka daripadanya mereka makan” (Qs. Yaasin/36 : 33).

Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah yang telah menghidupkan bumi yang mati (الأرض الميتة) yaitu tanah yang tidak subur dengan cara menurunkan air hujan. Kata (أحييناها وأخرجنا منها حبا فممنه يأكلون) yang bermakna “Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, Maka daripadanya mereka makan” maksudnya yaitu ketika Allah Ta’ala menurunkan air hujan maka hiduplah bumi itu dan suburlah serta menumbuhkan berbagai macam biji-bijian yang baik. Artinya, Allah membelahnya di dalam tanah (yang lembab), kemudian dari biji-bijian tersebut tumbuhlah berbagai jenis tumbuh-tumbuhan, salah satunya tanaman kacang hijau. Dengan kekuasaan-Nya, Allah menghidupkan benih kacang hijau dengan beberapa proses. Pertama, biji ditanam setelah beberapa hari muncul radikel (akar) dari kulit biji kemudian diikuti oleh munculnya plumule (calon daun), kedua epikotil tumbuh memanjang serta membengkok dan menekan kotiledon terangkat ke permukaan atas tanah. Kotiledon yang telah disinari matahari tersebut adakalanya berubah menjadi hijau dan beberapa waktu akan melakukan proses fotosintesis (Kamil, 1979).

2.8.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan Benih

Perkecambahan benih dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor luar dan faktor dalam, yaitu:

1. Faktor luar

Faktor luar yang dapat mempengaruhi perkecambahan benih yaitu:

a. Air

Air merupakan kebutuhan yang utama dan sangat penting untuk perkecambahan. Pentingnya air bagi perkecambahan tersebut juga di jelaskan dalam Alqur'an surat Qaaf/50: 9:

وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً مُّبْرَكًا فَأَنْبَتْنَا بِهِ جَنَّاتٍ وَحَبَّ الْحَصِيدِ ﴿٩﴾

Artinya: "dan Kami turunkan dari langit air yang banyak manfaatnya lalu Kami tumbuhkan dengan air itu pohon-pohon dan biji-biji tanaman yang diketam" (Qs. Qaaf/50: 9).

Lafadz (ماءمبركا) yang artinya "air yang banyak manfaatnya", maksudnya yaitu air merupakan kebutuhan utama bagi pertumbuhan yaitu sejak mulai waktu perkecambahan suatu tanaman. Ayat tersebut menjelaskan bahwa dengan adanya air, maka segala macam tanaman-tanaman dan buah-buahan yang didalamnya termasuk tanaman kacang hijau dapat tumbuh dengan baik. Jika tidak ada air maka segala macam tumbuhan di muka bumi ini tidak akan bisa tumbuh karena proses-proses perkecambahan sudah terhambat.

Menurut Kamil (1979), air memegang peranan yang terpenting dalam proses perkecambahan biji. Air merupakan faktor yang menentukan di dalam kehidupan tumbuhan. Tanpa adanya air, tumbuhan tidak bisa melakukan berbagai macam proses kehidupan apapun. Fungsi air dalam perkecambahan biji adalah:

(1) untuk melunakkan kulit benih sehingga embrio dan endosperm membengkak yang mengakibatkan pecah atau robeknya kulit biji, (2) untuk masuknya oksigen ke dalam biji, (3) untuk mengencerkan protoplasma sehingga terjadi proses metabolisme di dalam benih dan (4) sebagai alat transport larutan makanan dari endosperm atau cotyledon kepada titik tumbuh pada embryonics axis, di daerah yang di perlukan untuk membentuk protoplasma baru.

Menurut Gardner (1991), fungsi air adalah sebagai penyusun tubuh tanaman, pelarut dan medium reaksi biokimia, medium transpor (zat terlarut organik dan anorganik), memberikan turgor pada sel tanaman (penting untuk pembelahan sel dan pembesaran sel), hidrasi (untuk enzim, air hidrasi membantu memelihara struktur dan memudahkan fungsi katalis), bahan baku fotosintesis dan menjaga suhu tanaman supaya konstan.

b. Suhu (temperatur)

Temperatur merupakan syarat penting yang kedua bagi perkecambahan benih. Temperatur optimum adalah temperatur yang paling menguntungkan bagi berlangsungnya perkecambahan benih. Temperatur optimum kebanyakan benih tanaman antara 26,5-35° C. Sedangkan temperatur minimum 0°-5°C kebanyakan benih akan gagal untuk berkecambah atau terjadi kerusakan yang mengakibatkan terbentuknya kecambah abnormal (Sutopo,2004).

Menurut Kamil (1979), berdasarkan jenisnya biji memiliki tiga suhu kritis yang berbeda yang disebut dengan suhu kardinal yang berkaitan dengan perkecambahan, yaitu: (1) suhu minimum ialah suhu terendah yang memungkinkan terjadinya proses perkecambahan, apabila ada suhu dibawah suhu

tersebut maka tidak memungkinkan terjadi perkecambahan, (2) suhu optimum ialah suhu yang bisa menyebabkan perkecambahan tertinggi dapat dicapai pada periode terpendek, (3) suhu maksimum ialah suhu tertinggi yang menyebabkan terjadinya perkecambahan, diatas suhu tersebut tidak terjadi perkecambahan karena merupakan batas ambang kritis benih tidak dapat hidup.

c. Oksigen

Perkecambahan biji adalah suatu proses yang berkaitan dengan sel hidup yang membutuhkan energi. Energi yang dibutuhkan oleh suatu proses di dalam sel hidup biasanya diperoleh dari proses oksidasi, baik adanya molekul O₂ atau tidak. Proses ini secara berurutan disebut pernapasan dan fermentasi yang mengakibatkan terjadi pertukaran gas yaitu CO₂ dikeluarkan pada kedua proses diatas dan O₂ diambil pada proses pernapasan yang disebut pernapasan aerob. Sedangkan pernapasan tanpa molekul O₂ bebas (fermentasi) disebut pernapasan anaerob, yaitu oksigen diperoleh dari proses kimia (Kamil, 1979).

d. Cahaya

Cahaya merupakan faktor pembatas yang sangat penting untuk perkecambahan beberapa benih. Pada umumnya kualitas cahaya terbaik untuk perkecambahan dinyatakan dengan panjang gelombang berkisar 600nm-700nm yaitu cahaya merah. (Pranoto, 1990).

Pengaruh cahaya hanya terjadi pada benih yang lembab. Pada benih dengan kadar air rendah, pengaruh cahaya relatif tidak ada terhadap perkecambahan. Hal ini disebabkan karena fitokrom, yaitu pigmen penyerap cahaya tidak aktif pada benih berkadar air rendah (Pranoto, 1990).

e. Media perkecambahan

Medium atau media perkecambahan yang baik untuk perkecambahan benih haruslah mempunyai sifat fisik yang baik, gembur, mempunyai kemampuan menyimpan air dan bebas dari organisme penyebab penyakit terutama cendawan. Hal ini berhubungan dengan aerasi tanah, aerasi tanah adalah proses pertukaran O_2 dan CO_2 tanah dan atmosfer. Respirasi akar yang baik memerlukan tanah teraerasi, yaitu pertukaran gas yang terjadi antara udara tanah dan atmosfer pada kecepatan tertentu untuk menghindari kekurangan O_2 dan CO_2 berlebihan yang terbentuk dalam zona perakaran. Mikroorganisme tanah juga bernafas, dan pada kondisi kurang udara, organisme ini akan bersaing dengan akar tanaman (Sutopo,2004).

2. Faktor Dalam

Faktor dalam yang mempengaruhi perkecambahan benih adalah:

a. Tingkat kematangan benih

Benih yang ditanam sebelum tingkat kematangan fisiologisnya tercapai tidak mempunyai daya tumbuh yang tinggi, kematangan benih perlu dipersiapkan untuk proses perkecambahan (Abidin, 1987).

b. Ukuran Benih

Menurut Sutopo (2004), mengatakan benih yang ukuran besar dan berat mempunyai cadangan makanan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan benih yang berukuran kecil.

c. Dormansi

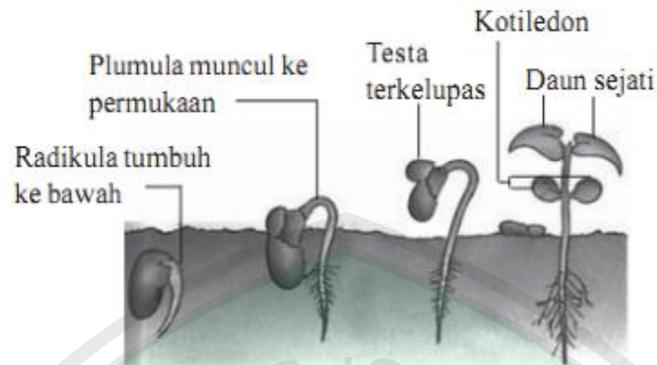
Suatu benih dikatakan dorman apabila benih itu sebenarnya hidup tetapi tidak mau berkecambah walaupun diletakkan pada keadaan lingkungan yang memenuhi syarat bagi perkecambahan. Tanaman dalam keadaan dorman belum tentu mengalami kemunduran viabilitas (Sutopo, 2004).

2.8.3 Tipe Perkecambahan

Berdasarkan kepada letak cotyledone atau scutellum terhadap permukaan tanah, maka dapat dibedakan dua tipe perkecambahan yaitu epigeal dan hypogeal.

1. Tipe epigeal

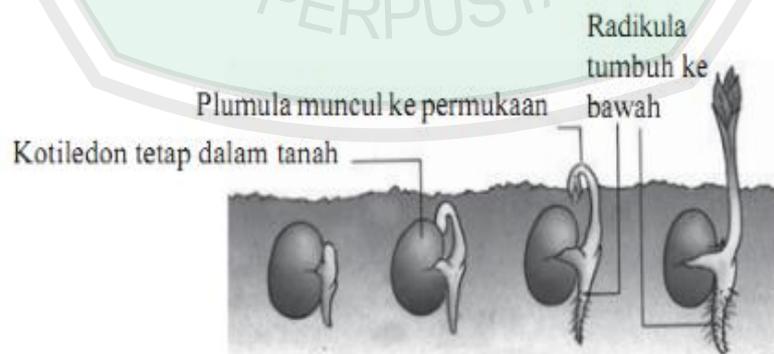
Perkecambahan tipe epigeal ialah perkecambahan dimana cotyledonnya terangkat di atas permukaan tanah disebabkan oleh pertumbuhan dan perpanjangan hipokotil, sedangkan ujung arah ke bawah sudah tertambat ke tanah dengan akar-akar lateral. Hypocotyl membengkok dan bergeser ke arah permukaan tanah, kemudian menembus dengan merekahkannya, lalu muncul dipermukaan tanah sebagaimana tersaji pada gambar 2.6. Bibit tipe epigeal ini umum terdapat pada dikotil seperti kacang kedelai, kacang tanah, kacang hijau, dan spesies lain seperti legume, tetapi sedikit sekali ditemukan pada monokotil (Kamil, 1979).



Gambar 2.6 perkecambahan tipe epigeal (Aryulina, 2005).

2. Tipe hypogeal

Perkecambahan tipe hypogeal ialah perkecambahan dimana cotyledonnya tetap tinggal dibawah permukaan tanah sewaktu pertumbuhannya. Pada bibit hypogeal, hypocotil tidak atau hanya sedikit memanjang, sehingga cotyledon tidak terangkat ke atas sebagaimana tersaji pada gambar 2.7. Bibit tipe hypogeal ini di jumpai pada semua anggota famili grass (Graminae) atau pada kebanyakan monokotil, tetapi jarang ditemukan pada dikotil (Kamil, 1979).



Gambar 2.7 perkecambahan tipe hipogeal (Aryulina, 2005).

2.8.4 Kriteria Kecambah

Kriteria kecambah menurut Hartati (1993) di bedakan sebagai berikut:

1. Kecambah normal kuat
 - a. Akar : Akar primer tumbuh panjang dan ada akar sekunder
 - b. Hipokotil : panjangnya minimum empat kali panjang kotiledon dan tumbuh baik tanpa ada kerusakan
 - c. Kotiledon : Ada dua buah dan tidak ada kerusakan
2. Kecambah normal lemah
 - a. Akar : Akar primer tumbuh panjang dan ada atau tidak ada akar sekunder, tidak ada akar primer tetapi ada akar sekunder dan tumbuh kuat
 - b. Hipokotil : Panjangnya minimum empat kali panjang kotiledon dan tumbuh baik, ada kerusakan tetapi tidak sampai ke jaringan pengangkut.
 - c. Kotiledon : Ada dua buah atau hanya satu dan tidak boleh ada kerusakan melebihi 50 %
3. Kecambah abnormal
 - a. Akar : Tidak ada akar primer, atau akar primer pendek tanpa ada akar sekunder
 - b. Hipokotil : Hipokotil membengkak dan pendek
Hipokotil cacat, pendek atau membengkak.
Hipokotil bercelah dalam atau luka-luka kecil
 - c. Kotiledon : Keduanya busuk, rusak atau tidak ada

Gambar dari kecambah normal dan abnormal dapat dilihat pada gambar

2.8.



(a)

(b)

(c)

Gambar 2.8 (a) kecambah normal kuat, (b) kecambah normal lemah, (c) kecambah abnormal (dokumen pribadi)

2.9 Invigorasi

2.9.1 Pengertian Invigorasi

Invigorasi merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi mutu benih yang rendah dengan cara memperlakukan benih sebelum ditanam. Invigorasi didefinisikan sebagai salah satu perlakuan fisik, fisiologik dan biokimia untuk mengoptimalkan viabilitas benih, sehingga benih mampu tumbuh cepat, dan serempak pada kondisi yang beragam. Perlakuan invigorasi dapat berupa osmoconditioning, matricconditioning dan hidrasi-dehidrasi (Rusmin 2004).

Perlakuan benih secara fisiologis untuk memperbaiki perkecambahan benih melalui proses imbibisi telah menjadi dasar dalam invigorasi benih. Saat ini perlakuan invigorasi merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi mutu benih yang rendah yaitu dengan cara memperlakukan benih

sebelum tanam untuk mengaktifkan kegiatan metabolisme benih sehingga benih siap memasuki fase perkecambahan (Khan, 1992 dalam Nugroho, 2002).

Selama proses invigorasi, terjadi peningkatan kecepatan dan keserempakan perkecambahan. Invigorasi dimulai pada saat benih diimbibisi dalam larutan osmotik berpotensi air rendah. Setelah keseimbangan air tercapai selanjutnya kandungan air dalam benih dipertahankan (Khan, 1992 dalam Sutariati, 2002).

Metode pelembaban benih dilakukan dengan berbagai cara, seperti merendam benih, mencelup benih, menyemprot benih dan meletakkan benih pada udara yang jenuh dengan uap air. Sedangkan proses pengembalian kadar air benih seperti semula dapat dilakukan dengan mengeringkan benih dengan cahaya matahari langsung, dengan oven suhu 30°C atau dengan mengangin-anginkan benih sampai tercapai berat awal (Nugroho, 2002).

2.9.2 Osmoconditioning

Osmoconditioning merupakan perbaikan fisiologis dan biokimia dalam benih selama penundaan perkecambahan oleh potensial osmotik rendah dan potensial matrik yang diabaikan dari media imbibisi. Perbaikan ini berhubungan dengan kecepatan dan keserempakan perkecambahan serta perbaikan dan peningkatan potensial perkecambahan (Bradford, 1984).

Keberhasilan osmoconditioning ditentukan oleh jumlah air yang masuk ke dalam benih, potensial osmotik dan jenis larutan yang digunakan (Bradford,

1984). Larutan yang biasa digunakan adalah PEG, KNO₃, K₃PO₄, MgSO₄, NaCl, gliserol dan manitol (Khan, 1992).

Setyaningsih (2002) telah melakukan penelitian tentang perlakuan invigorasi pada benih adas dengan menggunakan tiga tingkat kemasakan benih yaitu dengan menggunakan PEG, KNO₃ bahwa invigorasi dan vermikulit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa invigorasi dengan PEG menghasilkan nilai viabilitas yang paling baik.

Manusia diciptakan oleh Allah sebagai kholifah di muka bumi, yang di anjurkan untuk memakmurkan (melestarikan) bumi Allah. Invigorasi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan viabilitas benih supaya benih tanaman yang viabilitasnya rendah dapat tumbuh dengan baik. Dengan upaya ini tumbuh-tumbuhan tidak punah dan bisa menjaga kemakmuran bumi, sehingga manusia dianjurkan untuk mencegah kerusakan di permukaan bumi. Sebagaimana firman Allah dalam Alqur'an surat Al-a'raf/7: 56 sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: "dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik" (Qs. Al-a'raf/7 :56).

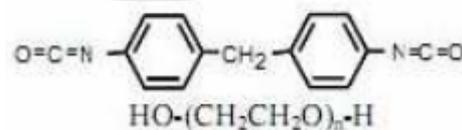
Lafadz (وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ) menyatakan bahwa Allah SWT melarang manusia merusak bahkan memusnahkan sumber daya hayati yang ada. Karena sesungguhnya alam raya telah diciptakan Allah dalam keadaan harmonis, serasi

dan memenuhi kebutuhan makhluk. Allah telah menjadikannya baik bahkan memerintahkan hamba-hamba-Nya untuk memperbaikinya.

Sedangkan lafadz (إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ) yang artinya sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik. Orang-orang yang berbuat baik disini salah satunya yaitu orang-orang yang menjaga sumber daya hayati yang ada di bumi salah satunya dengan cara pelestarian plasma nutfah, diantaranya berupa benih. Invigorasi benih merupakan upaya dalam melestarikan tumbuhan sehingga bisa dimanfaatkan bagi kehidupan dimuka bumi.

2.10 Penggunaan *polyetilene glikol* (PEG) 6000 untuk Invigorasi Benih

PEG adalah suatu senyawa yang larut dalam air, bisa masuk dalam sel, dan digunakan dalam perlakuan invigorasi. Perlakuan invigorasi dengan PEG dapat membantu mempercepat proses imbibisi karena senyawa PEG mampu mengikat air. Gambar senyawa kimianya dapat dilihat pada gambar 2.11 (Yuliana, 2009).



Gambar 2.9 Struktur kimia molekul PEG
(Mexal, 1975 dalam Sa'diyah 2009)

Polyethylene Glycol (PEG) merupakan senyawa yang stabil, non ionik, polymer panjang yang larut dalam air dan dapat digunakan dalam sebaran bobot

molekul yang luas. Polyethylene glycol juga merupakan salah satu jenis osmotikum yang biasa digunakan untuk menstimulasi kondisi kekeringan (Lawyer, 1970 dalam Yuliana, 2009). Adapun ciri-ciri PEG menurut Harris (1997) yaitu akan menjadi kental jika dilarutkan, tidak berwarna dan berbentuk putih. PEG juga disebut sebagai *polyethyleneoxide* (PEO), *polyoxyethylene* (POE) dan *polyoxirane*. PEG memiliki sifat-sifat diantaranya : 1) Larut dalam air, 2) Tidak larut dalam *ethyleter*, *hexane* dan *ethylene glycol*, 3) Tidak larut dalam air yang memiliki suhu tinggi, 4) Tidak beracun dan 5) Digunakan sebagai agen seleksi sifat ketahanan gen terutama gen toleran terhadap kekeringan.

PEG adalah salah satu senyawa yang digunakan dalam invigorasi, PEG mempunyai peran dalam membantu imbibisi air oleh benih. Selama penyimpanan benih ortodok (seperti kacang hijau) sangat dipengaruhi oleh kadar air, ketika kadar air benih terlalu rendah akan menyebabkan benih menjadi keras sehingga pada waktu dikecambahkan benih tidak dapat berimbibisi. Perlakuan invigorasi dengan PEG dapat membantu mempercepat proses imbibisi karena senyawa PEG mampu mengikat air. PEG masuk ke dalam benih dengan cara senyawa PEG mengikat air yaitu terjadi ketika molekul H₂O berikatan dengan OH melalui ikatan hidrogen, air yang sudah berhasil diikat oleh PEG tersebut akan masuk ke dalam benih melalui pori-pori benih. Kemampuan PEG mengikat air tersebut akan digunakan untuk proses imbibisi. Proses awal perkecambahan adalah proses imbibisi yaitu masuknya air ke dalam benih sehingga kadar air dalam benih mencapai persentase tertentu. Dengan adanya air, kulit luar benih akan pecah karena adanya proses imbibisi. Setelah terjadi proses tersebut sel-sel yang ada di

dalam benih akan membelah dan mengalami berbagai reaksi biokimia yang akhirnya benih akan berkembang menjadi tumbuhan (Tjitrosomo, 1983 dalam Jadid, 2007).

Invigorasi dengan cara perendaman dalam larutan osmotikum (PEG) merupakan suatu perlakuan untuk membuat proses perkecambahan bisa lebih awal. Perkecambahan benih yang diawali dengan proses imbibisi yang lebih cepat akan mengakibatkan proses berikutnya terjadi lebih awal, seperti pecahnya kulit benih, pengaktifan enzim dan hormon, perombakan cadangan makanan, translokasi nutrisi dan keluarnya radikel (Rusmin, 2004).

PEG 6000 salah satu polietilen glikol H (O-CH₂-CH₂)_nOH harga n 158 dan 204 dengan berat molekul 7000 sampai 9000. Kelarutan PEG-6000 yaitu mudah larut dalam air, dalam etanol (95%) P dan klorofom P, serta praktis tidak larut dalam eter P. PEG 6000 mempunyai berat jenis 1.080 g/cm³, titik lebur 55°C sampai 63°C, titik beku 55°C samapi 61°C (Umar, 2009).

Berdasarkan sifat fisik dan berat molekulnya PEG tersedia dalam berbagai formulasi tetapi yang paling umum digunakan dalam penelitian fisiologi tanaman ialah PEG 6000. PEG bersifat mempertahankan potensi osmotik yang dapat digunakan untuk membatasi perubahan kadar air dan O₂ pada medium perkecambahan atau penyimpanan sehingga molekul PEG yang berada di luar membran sel benih akan membentuk lapisan tipis yang melindungi benih dan berfungsi sebagai penyangga kadar air benih dan keluar masuknya oksigen (Rahardja, 1986).

Penggunaan PEG 6000 dalam jangka panjang pada tanaman relatif aman, karena PEG 6000 tidak dapat masuk ke dalam jaringan akar tanaman atau dinding selulosa. Senyawa PEG dengan berat molekul 6000 dipilih karena mampu bekerja lebih baik pada tanaman daripada PEG dengan berat molekul yang lebih rendah dan yang lebih tinggi. PEG di bawah 6000 diduga kurang efektif karena kemampuan dalam mengikat air terlalu kecil, sehingga tidak dapat menembus pori-pori benih dan tidak bisa membantu proses imbibisi. Senyawa PEG mampu mengikat air. Besarnya kemampuan larutan PEG dalam mengikat air bergantung pada berat molekul dan konsentrasinya, akan tetapi PEG dengan berat molekul lebih tinggi dari 6000 akan mengikat air yang terlalu besar sehingga semakin sulit air masuk ke dalam benih yang akhirnya mengakibatkan cekaman kekeringan. Efendi (2009) menambahkan bahwa semakin pekat konsentrasi PEG semakin banyak subunit-etilen mengikat air sehingga menahan masuknya air ke dalam jaringan tanaman, akibatnya akar tanaman semakin sulit menyerap air kemudian akan mengalami cekaman kekeringan.

Rusmin dan Sukarman (2001), telah melakukan penelitian tentang invigorasi pada benih jambu mete yang telah disimpan sampai 10 bulan penyimpanan. Dari hasil penelitian dilaporkan bahwa pada awal penyimpanan mulai dari 0 bulan sampai 4 bulan penyimpanan ternyata perlakuan invigorasi dengan pelembaban benih dalam larutan PEG 6000 dengan konsentrasi (0%, 5%, 10%, 15%) belum berpengaruh terhadap daya berkecambah benih jambu mete. Pada benih jambu mete yang telah mengalami penyimpanan mulai dari 6 sampai 10 bulan, ternyata pelembaban dalam larutan PEG telah memberikan pengaruh

nyata terhadap daya berkecambah benih. Setelah benih disimpan selama 10 bulan pelembaban dalam larutan PEG dengan konsentrasi 10 % ternyata dapat meningkatkan daya berkecambah dari 4,01 % menjadi 29,3 % (3 kali lipat). Pada perlakuan tersebut terjadi proses imbibisi yang dapat meningkatkan aktivitas mitokondria dan dapat meningkatkan daya berkecambah benih.

Selanjutnya Sa'diyah (2009), melakukan penelitian invigorasi pada benih wijen dengan perlakuan perendaman benih dalam larutan PEG 6000 dengan konsentrasi (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) dan lama perendaman (6,12,18 dan 24 jam). Hasil dari penelitian tersebut yaitu perlakuan invigorasi dengan perendaman dalam larutan PEG 6000 dapat meningkatkan variabel persentase daya berkecambah, keserempakan tumbuh, panjang kecambah dan berat kering kecambah, konsentrasi paling efektif 5% dengan lama perendaman selama 6 jam. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa penggunaan PEG 6000 dapat meningkatkan viabilitas benih yang rendah.

Sofinoris (2009), melakukan penelitian priming benih kapas dengan perlakuan perendaman benih dalam larutan PEG 6000 dengan konsentrasi (0 ppm, 3 ppm, 5 ppm, dan 7 ppm) dan lama perendaman (3, 6, dan 9 jam). Hasil dari penelitian tersebut yaitu dapat meningkatkan variabel persentase daya berkecambah, keserempakan tumbuh, panjang kecambah dan berat kering kecambah, konsentrasi paling efektif 3 ppm dengan lama perendaman selama 3 jam. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa penggunaan PEG 6000 dapat meningkatkan viabilitas benih yang rendah.

Sedangkan Rachmawati (2010), juga melakukan penelitian priming benih juwawut dengan perlakuan perlakuan perendaman benih dalam larutan PEG 6000 dengan konsentrasi (0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 7 ppm) dan lama perendaman (3, 6, 9, dan 12 jam). Hasil dari penelitian tersebut yaitu dapat meningkatkan variabel persentase daya berkecambah, keserempakan tumbuh, panjang kecambah dan berat kering kecambah, konsentrasi paling efektif 10 ppm dengan lama perendaman selama 12 jam. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa penggunaan PEG 6000 dapat meningkatkan viabilitas benih yang rendah.

