

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Perkecambahan Dalam Perspektif Al-Qur'an

Didalam Al-Qur'an Allah telah menjelaskan bagaimana Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan dalam surat al-An'am ayat 95 (6) yang berbunyi :

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى ۖ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ ۚ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ ۖ فَإِنِّي تُؤَفِّكُونَ

Artinya : “*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, Maka mengapa kamu masih berpaling?*”. (Q.S Al-An'am/6 : 95)

Firman Allah *فالق الحب والنوى* “Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan.” Ditafsirkan dengan firmanNya *يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ* “Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup” maksudnya, Allah menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang hidup dari biji dan benih yang merupakan benda mati.

Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah yang menguasai perjalanan benih (biji) yang kering dan inti yang diam. Allah telah menumbuhkan biji dan benih tumbuhan-tumbuhan. Artinya, Allah membelahnya di dalam tanah (yang lembab), kemudian dari biji-bijian tersebut tumbuhlah berbagai jenis tumbuhtumbuhan, salah satunya tanaman kenaf. Dengan kekuasaan-Nya, Allah menghidupkan benih kenaf dengan beberapa proses. Pertama, biji ditanam setelah beberapa hari muncul *radicle* (akar) dari kulit biji kemudian diikuti oleh

munculnya *plumule* (calon daun), kedua epikotil tumbuh memanjang serta membengkok dan menekan kotiledon terangkat kepermukaan atas tanah. Kotiledon yang telah disinari matahari tersebut adakalanya berubah menjadi hijau dan beberapa waktu akan melakukan proses fotosintesis (Kamil, 1979).

Menurut Ad-Dimasyqi dalam *Tafsir Ibnu Katsir* (2001) menyatakan bahwa Allah SWT memberitahukan bahwa Dialah yang membelah biji-bijian dan semua bibit tanaman, yakni Dia membelahnya di dalam tanah, lalu menumbuhkan dari biji-bijian berbagai macam tanaman, sedangkan dari bibit tanaman Dia mengeluarkan berbagai macam pohon yang menghasilkan buah-buahan yang berbeda-beda warna, bentuk, dan rasanya.

Menurut Barizi (2011), menyatakan bahwa ayat diatas menguraikan akan proses biologis tumbuh-tumbuhan berupa benih (*al-habb wa al nawa*), sebagai suatu benda mati (*al-mayyit*). Suatu benih dikatakan benda mati karena ia sejatinya tidak mengalami kehidupan yang berevolusi tanpa persediaan oksigen (O_2) kecuali ia telah berkecambah setelah mendapatkan air. Benih akan menyerap air hingga sel-selnya bertambah besar, lebih renggang dan lunak. Ayat di atas jelas berarti bahwa dalam proses perkecambahan tanaman dibutuhkan air untuk membantu jaringan yang mati, sehingga menjadi larut dan bercampur. Setelah larut dan bercampur itulah maka benih itu berubah menjadi sel dan jaringan yang hidup, yang disebut dengan *plasma nutfah* atau *gen*.

Para ahli tafsir mengungkapkan tentang mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan demikian pula sebaliknya, dengan berbagai macam ungkapan yang semuanya saling berdekatan makna. Seperti ungkapan mengeluarkan ayam dari

telur, atau sebaliknya. Begitu juga dengan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), Allah menumbuhkan tanaman kenaf yang berasal dari biji dan benih yang merupakan benda mati (Muhammad, 2003).

Menurut Barizi (2011), menyatakan bahwa kecuali itu, proses perkecambahan benih (*mukhrij al-hay min al-mayyit*) 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*, terjadinya penguraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi bentuk-bentuk yang melarut dan ditranslokasikan ketitik-titik tumbuh. Tahap *keempat*, asimilasi dari bahan-bahan yang telah diuraikan tadi ke daerah meristematik untuk menghasilkan energi bagi kegiatan pembentukan komponen dan pertumbuhan kecambah melalui proses pembelahan, pembesaran dan pembagian sel-sel pada titik tumbuh.

Al-Maraghi dalam *Tafsir Al-Maraghi* (1992) menyatakan bahwa, يخرج الحي من الميت Dia mengeluarkan tumbuh-tumbuhan yang tidak berbatang atau yang berbatang, sedang ia makan dan tumbuh dari yang mati, yakni tidak makan dan tidak tumbuh, seperti tanah, biji, benih, dan lain-lain dari jenis biji-bijian dan mengeluarkan hewan dari telur dan mani. ومخرج الميت من الحي Dia mengeluarkan yang mati dari yang hidup, seperti mengeluarkan biji dan benih dari tumbuh-tumbuhan, telur dan *nutfah* dari hewan.

Ad-Dimasyqi dalam *Tafsir Ibnu Katsir* (2001) menyatakan bahwa Dia mengeluarkan tumbuh-tumbuhan yang hidup dari biji dan bibit tanaman yang merupakan benda mati. Allah berfirman dalam surat Yasiin (36) ayat 33:

وَأَيُّهُمْ أَهْلُ الْأَرْضِ 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".(Q.S Yasiin/36:33)

Dr. Abdullah bin Muhammad dalam *Tafsir Ibnu Katsir* (2004) menyatakan bahwa, para ahli tafsir mengungkapkan tentang mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan demikian pula sebaliknya, dengan berbagai macam ungkapan yang semuanya saling berdekatan makna. Ada di antara mereka yang mengatakan : “*Yaitu mengeluarkan ayam dari telur, atau sebaliknya.*”

2.2 Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

2.2.1 Taksonomi Tanaman Kenaf

Klasifikasi tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) adalah sebagai berikut (Tjitrosoepomo, 2007):

Kingdom : Plantae
 Divisio : Spermatophyta
 Subdivisio : Angiospermae
 Class : Dicotyledoneae
 Familia : Malvaceae
 Genus : Hibiscus
 Species : *Hibiscus cannabinus* L.

Balittas Malang saat ini memiliki koleksi plasma nutfah dari beberapa genus *hibiscus*, seperti kenaf *H. cannabinus* (sebanyak 456 aksesori), rosela (*H. sabdariffa* sebanyak 172 aksesori), dan kerabat liarnya (408 aksesori). Kerabat liar kenaf antara lain: *H. acetosella*, *H. radiatus*, *H. surattensis*, *H. aestuan*, dan *H. vativolius*. Di antara kerabat liar tersebut, telah dicoba dilakukan persilangan interspesifik dengan kenaf untuk sumber genetik ketahanan (Hartati, 1993).

2.2.2 Morfologi Tanaman Kenaf

a. Habitus Tanaman

Kenaf merupakan tanaman herba semusim dengan tipe pertumbuhan berbentuk semak tegak sebagai berikut :



Gambar 2.1. Tanaman kenaf

(Budi, 2008)

b. Perakaran

Kenaf membentuk akar tunggal yang panjangnya dapat mencapai 25–75 cm. Akar lateralnya tegak lurus pada akar tunggal, panjangnya 25–30 cm. Perakaran kenaf lebih kuat dibanding perakaran rosela. Dalam keadaan tergenang air pada batas tertentu akar kenaf masih dapat bertahan (Sastrosupadi, 1983).

c. Batang

Tinggi tanaman kenaf dapat mencapai 4 meter tergantung varietas, waktu tanam, dan kesuburan tanah. Batang kenaf dalam kondisi normal dapat mencapai tinggi 2,4–3,8 m. Batang kenaf bisa tidak bercabang, bercabang sedikit, dan bercabang banyak. Batang kenaf terdiri dari bagian kulit yang mengandung serat dan bagian kayu (Budi, 2008).

Kandungan serat pada batang terbanyak (75%) berada pada posisi batang bawah setinggi 1–1,25 m. Hal ini disebabkan pertumbuhan tanaman sampai dengan 60–90 cm sangat cepat, setelah itu laju pertumbuhan mengalami penurunan. Menurut Hardiman (1980), serat tergolong serabut sklerenkim, yaitu sekumpulan sel-sel berdinding tebal, seringkali berlignin. Serat ini berfungsi mekanis yang menyebabkan tahan terhadap tegangan, yang disebabkan oleh penarikan, pembengkokan, tekanan, dan pemampatan, tanpa menyebabkan rusaknya sel-sel berdinding tebal pada bagian tanaman tersebut. Serat kenaf mengandung 44–62% α -selulosa, 14–20% hemiselulosa, 4–5% pektin, 6–19% lignin, dan 0–3% *ash* (abu). Sedangkan batang (utuh) mengandung 77–79% holoselulosa, 37–50% α - selulosa, 16–20% lignin, dan 2–4 % *ash* (Brink dan Escobin, 2003).

Tabel 2.1: Dimensi serat kulit dan kayu kenaf varietas EG 71

Bagian tanaman	Panjang serat (cm)	Lebar serat (μm)	Lebar lumen (μm)	Tebal dinding sel (μm)
Kulit kayu	2.26	16.4	8.4	4.0
Kulit bergabus	0.52	34.0	20.4	6.8

Sumber : Clark dan Wolf (1969)

d. Daun

Daun tanaman kenaf letaknya berselang-seling, dan terletak pada cabang dan batang utama. Menurut Kirby (1963), daun kenaf mempunyai bentuk dan warna yang bervariasi, tergantung sub spesiesnya. Sebagai contoh daun pada sub spesies *viridis* tidak bertoreh, sub spesies *vulgaris* berbentuk menjari, dan sub spesies *purpureus* berbentuk menjari. Menurut Sobhan (1983), daun kenaf terdiri atas tiga bentuk daun, yaitu tidak bertoreh, semi menjari, dan menjari penuh. Daun menjari ada yang berjari lima dan berjari tujuh. Selain itu ada juga yang merupakan campuran daun tidak bertoreh dan menjari. Daun tidak bertoreh biasanya terletak pada bagian bawah, sedangkan yang menjari letaknya di bagian tengah dan atas. Selain itu, bagian pinggir daun ada yang bergerigi dan tidak bergerigi.

e. Bunga

Kenaf mulai menghasilkan bunga pada minggu ke-12 setelah tanam. Bunga biasanya berdiri sendiri, terdapat pada ketiak daun bagian atas. Bunga kenaf terdiri dari: 1) kelopak tambahan 7–10 helai, berdaging tipis, hampir lepas, berbentuk garis, 2) kelopak (*calyx*) yang berwarna hijau terbagi 5, tidak lebih panjang dari kelopak tambahan, 3) tajuk atau mahkota (*corolla*) berjumlah 5 kelopak berbentuk bulat telur terbalik, panjang sampai 6 cm, berwarna kuning atau putih dengan noda merah tua pada pangkalnya, 4) benang sari (*stamen*) seluruhnya tertutup dengan kepala sari (*anther*), dan 5) putik (*pistillum*) berwarna merah, ada yang menonjol dan ada yang pendek tangkai putiknya. Periode pembungaan kenaf tidak serempak. Mekarnya sangat singkat, biasanya terjadi

sebelum matahari terbit dan akan menutup kembali pada siang hari atau sore hari. Waktu reseptif berlangsung pada pukul 07.00–09.00 dan pada saat tersebut terjadi penyerbukan (Sudjindro, 2005).

f. Buah

Buah kenaf (kapsul) berbentuk bulat meruncing (seperti kerucut) dengan panjang 2–2,5 cm dan diameter 1–1,5 cm. Permukaan buah terdapat bulu pendek, halus dan banyak, ada juga yang berduri. Buah muda berwarna hijau. Sedangkan buah tua berwarna hijau tua, dan buah kering berwarna cokelat (Budi, 2008).

g. Biji

Biji kenaf biasanya berbentuk ginjal berdiameter sekitar 0,3–0,5 cm, berwarna kelabu agak kecokelatan (Ochse *et al.*, 1961). Ada juga yang berbentuk *reniform*, *subreniform*, dan *angular*. Beberapa bentuk biji tanaman kenaf dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Biji kenaf dan bentuknya: a) *reniform*, b) *subreniform*, dan c) *angular*

(Budi, 2008)

Satu kg biji kenaf berisi 30.000–40.000 butir. Kandungan biji kenaf lebih dari 20% adalah minyak. Berdasarkan hasil analisis kimia oleh Lewy (1947), biji kenaf mengandung komposisi sebagai berikut: air (9,64%), mineral (6,40%),

lemak (20,37%), nitrogen (21,44%), *saccharida* (15,66%), serat kasar (12,90%), dan material lain (13,94%).

Minyak biji kenaf termasuk golongan “oleat-linoleat” mengandung 45,3% asam oleat, 23,4% asam linoleat, 14% asam palmitat, dan 6% asam stearat (Lewy, 1947). Oleh karena itu penyimpanan benih kenaf perlu hati-hati karena kandungan lemaknya tinggi.

Tabel 2.2 Spesifikasi Persyaratan Mutu Benih Kenaf

No.	Jenis Spesifikasi	Satuan	Persyaratan		
			Dasar	Pokok	Sebar
1	Kemurnian varietas	%	$\geq 99,5$	$\geq 99,25$	$\geq 99,0$
2	Isolasi Jarak	Meter	≥ 200	≥ 150	≥ 100
3	Isolasi Waktu	Musim	≥ 3	≥ 2	≥ 1
4	Kesehatan Tanaman	%	$\geq 99,0$	$\geq 98,5$	$\geq 98,0$

Sumber : SNI (2006)

Benih yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan mutu benih di laboratorium berdasarkan kelas benih yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Persyaratan Mutu Benih

No.	Jenis Spesifikasi	Satuan	Persyaratan		
			Dasar	Pokok	Sebar
1	Kadar Air	%	6-8	6-8	6-9
2	Benih Murni	%	≥ 98	≥ 97	≥ 97
3	Daya Berkecambah	%	≥ 80	≥ 80	≥ 80
4	Kotoran Benih	%	≥ 2	≥ 3	≥ 3
5	Biji Tanaman lain	butir/kg	≥ 10	≥ 15	≥ 20
6	Biji Gulma	butir/kg	≥ 10	≥ 15	≥ 20
7	Kesehatan Benih	%	≥ 99	$\geq 98,5$	≥ 98

Sumber : SNI (2006)

2.3 Viabilitas Benih

Menurut Sadjad (1994) viabilitas benih adalah daya hidup benih yang dapat ditunjukkan oleh proses pertumbuhan benih atau gejala metabolismenya.

Penurunan viabilitas sebenarnya merupakan perubahan fisik, fisiologis, dan biokimia yang akhirnya dapat menyebabkan hilangnya viabilitas benih. Salah satu gejala biokimia pada benih selama mengalami penurunan viabilitas adalah terjadinya perubahan kandungan beberapa senyawa yang berfungsi sebagai bahan sumber energi utama. Dalam keadaan ini benih mempunyai persediaan sumber energi karena terjadi perombakan senyawa makro seperti lemak dan karbohidrat menjadi senyawa metabolik lainnya (Pirenaning, 1998).

Menurut Sadjad (1994), viabilitas benih dibagi menjadi dua macam, yaitu:

1. Viabilitas Optimum (Viabilitas Potensial)

Viabilitas optimum yaitu apabila benih lot memiliki pertumbuhan normal pada kondisi optimum. Benih memiliki kemampuan potensial, sebab lapangan produksi tidak selalu dalam kondisi optimum. Sutopo (2004) menyatakan bahwa viabilitas optimum disebut juga daya kecambah karena yang digunakan dalam menentukan viabilitas potensial adalah daya kecambah dan berat kering kecambah. Hal ini berdasarkan pada pengertian bahwa struktur tumbuh pada kecambah normal tentu mempunyai kesempurnaan yang dapat dilihat dari bobot keringnya. Selain bobot kering kecambah dan daya berkecambah, untuk deteksi parameter viabilitas potensial juga digunakan indikasi tidak langsung yang berupa gejala metabolisme yang ada kaitannya dengan pertumbuhan benih.

2. Viabilitas Sub Optimum

Viabilitas sub optimum merupakan suatu kemampuan benih untuk tumbuh menjadi tanaman yang memproduksi normal dalam keadaan lingkungan yang sub optimum dan memproduksi tinggi dalam keadaan optimum atau mampu disimpan

dalam kondisi simpan yang sub optimum dan tahan simpan lama dalam kondisi yang optimum (Sadjad, 1994).

Menurut Sutopo (2004) menyatakan rendahnya vigor pada benih dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

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 masaknya 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. Mekanis

Kerusakan mekanis yang terjadi pada benih baik pada saat panen, ataupun penyimpanan sering pula mengakibatkan rendahnya vigor pada benih.

5. Mikroba

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.

2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Viabilitas Benih dalam Penyimpanan

Menurut Kuswanto (1996) dan Sutopo (2004) menyatakan bahwa viabilitas benih dalam penyimpanan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Kandungan air benih

Benih yang akan disimpan sebaiknya memiliki kandungan air yang optimal, yaitu 20% pada benih ortodoks. Semakin tinggi kandungan air dalam benih selama penyimpanan, maka akan cepat sekali mengalami kemunduran viabilitas benih.

2. Viabilitas awal benih

Benih yang akan disimpan harus mempunyai viabilitas awal yang semaksimal mungkin untuk mencapai waktu simpan yang lama. Karena selama masa penyimpanan yang terjadi hanyalah kemunduran dari viabilitas awal tersebut. 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.

3. Temperatur

Temperatur yang tinggi pada saat penyimpanan dapat mengakibatkan kerusakan pada benih. Karena akan memperbesar terjadinya penguapan zat cair dari dalam benih, sehingga benih akan kehilangan daya imbibisi dan kemampuan benih jangka panjang $0^{\circ}\text{--}32^{\circ}\text{C}$ antara kandungan air benih dan temperatur terdapat

hubungan yang sangat erat dan timbal balik. Jika salah satu tinggi, maka yang lain harus rendah.

4. Kelembaban

Kelembaban lingkungan selama penyimpanan juga sangat mempengaruhi viabilitas benih. Kelembaban nisbi lingkungan simpan harus diatur sehingga berkesinambungan 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.

5. Gas disekitar benih

Adanya gas disekitar benih dapat mempertahankan viabilitas benih, misalnya gas CO_2 yang akan mengurangi konsentrasi O_2 , sehingga respirasi benih dapat dihambat.

6. Mikroorganisme

Kegiatan mikroorganisme yang tergolong dalam hama dan penyakit gudang dapat mempengaruhi viabilitas benih yang disimpan. Jenis-jenis insekta yang termasuk hama perusak benih dalam penyimpanan seperti *Calandra* sp. sedangkan hama gudang seperti *Tribolium* sp.

2.4 Perkecambahan Biji

Perkecambahan adalah pertumbuhan embrio yang dimulai kembali setelah imbibisi, dalam hal ini biji akan berkecambah setelah mengalami masa dorman yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor internal seperti embrio masih

berbentuk rudiment atau belum masak, kulit biji yang tahan impermeable atau adanya penghambat tumbuh (Hidayat, 1995).

Perkecambahan adalah permulaan munculnya pertumbuhan aktif yang menghasilkan pecahnya kulit biji dan munculnya semai. Perkecambahan meliputi peristiwa-peristiwa fisiologis dan morfologis berikut : 1) imbibisi dan absorpsi air, 2) hidrasi jaringan, 3) absorpsi O_2 , 4) pengaktifan enzim dan pencernaan, 5) transport molekul yang terhidrolisir ke sumbu embrio, 6) peningkatan respirasi dan asimilasi, 7) inisiasi pembelahan dan pembesaran sel dan 8) munculnya embrio (Susilo, 1991).

Menurut Azhari (1995) perkecambahan dapat terjadi apabila substrat (karbohidrat, protein, lipid) berperan sebagai penyedia energi yang akan digunakan dalam proses morfologi (pemunculan organ-organ tanaman seperti akar, daun, dan batang). Dengan demikian kandungan zat kimia dalam biji merupakan faktor yang sangat menentukan dalam perkecambahan biji.

2.4.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan

2.4.1.1 Faktor Dalam

1. Tingkat kematangan benih

Benih yang dipanen pada saat benih masak fisiologis akan memiliki daya simpan yang lebih lama (maksimum). Hal ini disebabkan daya hidup (viabilitas) benih maksimum tercapai pada saat benih masak fisiologis tersebut sehingga daya simpan benihnya juga dapat maksimum. Sebaliknya apabila benih dipanen sebelum masak fisiologis, viabilitasnya masih rendah dan cadangan makanannya masih sedikit sehingga daya simpanannya juga rendah. Apabila benih dipanen

setelah masak fisiologis tercapai maka viabilitas benihnya sudah menurun sehingga daya simpanannya juga tidak maksimal (Sutopo, 2004).

2. Ukuran benih

Morfologi benih secara tidak langsung mempengaruhi daya simpan benih terutama ukuran benih dan kedudukan embrio. Benih yang berukuran kecil akan mengalami kerusakan lebih sedikit dari pada benih yang berukuran lebih besar pada saat prosesing. Kedudukan embrio benih yang terletak sangat dekat permukaan benih lebih mudah mengalami kerusakan seperti embrio pada benih kacang-kacangan. Tingkat kerusakan benih pada saat prosesing tersebut akan mempengaruhi daya simpan benih (Sutopo, 2004).

3. Dormansi

Dormansi benih merupakan suatu keadaan benih yang sebenarnya hidup tetapi tidak berkecambah walaupun diletakkan pada keadaan yang secara umum dianggap telah memenuhi persyaratan bagi perkecambahannya. Benih yang dalam keadaan dormansi ini biasanya lebih tahan lama jika disimpan karena membutuhkan perlakuan tertentu agar dapat berkecambah (Sutopo, 2004).

4. Penghambat perkecambahan

Banyak zat yang diketahui dapat menghambat perkecambahan benih, yang dikenal antara lain (Sutopo, 2004) :

- a. Larutan dengan tingkat osmotik tinggi, misalnya larutan mannitol, larutan NaCl

- b. Bahan-bahan yang mengganggu lintasan metabolisme, umumnya menghambat respirasi seperti sianida, dinitrofenol, azide, fluoride, hydroxylamine
- c. Herbisida, Coumarin, Auxin
- d. Bahan-bahan yang terkandung dalam buah, misal : cairan yang melapisi tomat dan mentimun Bahan yang menghambat lintasan metabolik atau menghambat pernafasan, antara lain : sianida, flourida, caumarin, herbisida, dll.

2.4.2 Faktor luar

Menurut Kuswanto (1996) dan Santoso (1990) faktor luar yang dapat mempengaruhi perkecambahan benih antara lain :

1. Air

Air merupakan kebutuhan dasar yang utama dan sangat penting untuk perkecambahan. Kebutuhan air berbeda-beda tergantung dari spesies tanaman. Fungsi air adalah (1) untuk melunakkan kulit benih sehingga embrio dan endosperm membengkak yang menyebabkan retaknya kulit benih, (2) sebagai pertukaran gas sehingga suplai oksigen ke dalam benih terjadi, (3) mengencerkan protoplasma sehingga terjadi proses metabolisme di dalam benih, (4) mentranslokasi cadangan makanan ke titik tumbuh yang memerlukan.

2. Suhu

Suhu merupakan syarat penting bagi perkecambahan biji. Suhu yang diperlukan dalam perkecambahan biji kebanyakan biji berkisar antara 26,5°C-35°C. Diluar kondisi tersebut biji akan gagal berkecambah atau terjadi kerusakan

yang menghasilkan kecambah abnormal. Pengaruh suhu terhadap perkecambahan benih dapat dicerminkan melalui suhu cardinal yaitu suhu minimum, optimum dan maksimum. Suhu minimum adalah suhu terendah untuk perkecambahan dapat terjadi secara normal, dan di bawah suhu itu benih tidak berkecambah dengan baik. Suhu optimum yaitu suhu yang paling sesuai untuk perkecambahan, dan suhu maksimum adalah suhu tertinggi untuk perkecambahan dapat terjadi, diatas suhu maksimum ini benih tidak berkecambah normal.

3. Oksigen

Dalam perkecambahan O_2 digunakan untuk respirasi, konsentrasi O_2 yang diperlukan untuk perkecambahan adalah 20%.

4. Cahaya

Cahaya memegang peranan yang sangat penting dalam perkecambahan. Pada umumnya kualitas cahaya terbaik untuk perkecambahan dinyatakan dengan panjang gelombang berkisar antara 660nm-700nm. Biji yang dikecambahkan dalam keadaan gelap dapat menghasilkan kecambah yang mengalami etiolasi yaitu pemanjangan yang tidak normal pada hipokotilnya atau epikotilnya, kecambah warna pucat, dan lemah. Meskipun pada beberapa tanaman perkecambahannya tidak memerlukan cahaya, seperti kopi.

5. Medium

Medium yang baik bagi perkecambahan harus memiliki sifat yang baik seperti gembur, mempunyai kemampuan menyimpan air, dan bebas dari organisme penyebab penyakit terutama cendawan.

2.4.2 Metabolisme Perkecambahan Biji

Proses perkecambahan benih merupakan suatu rangkaian dari perubahan-perubahan morfologi, fisiologi, dan biokimia. Tahap-tahap perkecambahan menurut Sutopo (2004) adalah sebagai berikut :

1. Tahap pertama, suatu perkecambahan benih dimulai dengan proses penyerapan air oleh benih, melunaknya kulit benih dan hidrasi dari protoplasma
2. Tahap kedua, dimulai dari kegiatan-kegiatan sel dan enzim-enzim serta naiknya tingkat respirasi benih
3. Tahap ketiga, merupakan tahap dimana terjadi penguraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi bentuk-bentuk yang melarut dan di translokasikan ke titik-titik tumbuh
4. Tahap keempat, adalah asimilasi dari bahan-bahan yang telah diuraikan tadi di daerah meristematik untuk menghasilkan energi bagi kegiatan pembentukan komponen dan pembentukan sel-sel baru
5. Tahap kelima, adalah pertumbuhan dari kecambah melalui proses pembelahan, perbesaran dan pembagian sel-sel pada titik tumbuh, sementara daun yang belum dapat berfungsi sebagai fotosintesis, maka pertumbuhan kecambah sangat tergantung pada persediaan makanan yang ada dalam biji

Mekanisme perkecambahan benih dapat dilihat pada gambar :



Gambar 2.3. Mekanisme perkecambahan biji

(Sadjad, 1994)

2.4.3 Kriteria Kecambah

Kriteria kecambah menurut Hartati (1993), dibedakan 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 2.4 Kriteria kecambah normal kuat, normal lemah dan abnormal

(Sadjad, 1994)

2.5 Kemunduran Benih

Kemunduran benih merupakan proses mundurnya mutu fisiologis benih yang menimbulkan perubahan yang menyeluruh dalam benih baik secara fisik, fisiologis maupun biokimia yang mengakibatkan menurunnya viabilitas benih (Rusmin, 2007).

Kemunduran benih merupakan proses penurunan mutu benih secara berangsurangsur dan komulatif serta tidak dapat kembali pada kondisi awal (irreversible) akibat perubahan fisiologis dari dalam benih. Proses kemunduran

kondisi benih pasca masak fisiologis itulah juga biasa disebut *deteriorasi* (Nugroho, 2012).

Kualitas benih terbaik didapatkan saat benih mencapai masak fisiologis, yang dicirikan berat kering, viabilitas dan vigor benih maksimum serta kadar air benih yang minimum. Berat kering benih menunjukkan kemampuan benih dalam membentuk biomassa kecambah. Viabilitas benih bisa dilihat dari kemampuan benih untuk berkecambah normal. Kadar air merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan saat pemanenan, pengemasan, penyimpanan dan pemindahan benih (Nugroho, 2012).

Waktu panen terbaik diperoleh saat kadar air benih minimum. Setelah tercapai masak fisiologis, pada umumnya benih mengalami kemunduran bertahap yang pada akhirnya benih tersebut kehilangan viabilitas maupun vigornya dan berujung mati. Vigor benih adalah kemampuan benih menumbuhkan tanaman normal pada kondisi sub optimum di lapang, atau sesudah disimpan dalam kondisi simpan yang sub optimum dan ditanam dalam kondisi lapang yang optimum (Priyo Utomo, 2012).

Proses penuaan atau mundurnya vigor benih dapat dicirikan dengan menurunnya daya berkecambah, meningkatnya jumlah kecambah abnormal, penurunan perkecambahan di lapangan, terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan, meningkatnya kepekaan terhadap lingkungan yang ekstrim sehingga menurunkan produktivitas di lapangan (Priyo Utomo, 2012).

2.5.1 Ciri Proses Kemunduran Benih

Ciri-ciri benih yang mengalami kemunduran (Priyo Utomo, 2012) sebagai berikut:

1. Banyak kecambah abnormal

Benih yang mengalami deteriorasi akan mengalami peningkatan jumlah kecambah yang abnormal. Sehingga persentase viabilitas benih menjadi turun

2. Enzim menjadi aktif

Deteriorasi pada benih salah satunya disebabkan oleh meningkatnya enzim, akibat adanya penurunan aktivitas benih, sehingga terjadi penguraian enzim yang berdampak pada terhambatnya proses perkecambahan benih

3. Terjadinya perubahan permeabilitas membran sel benih

Benih yang mengalami deteriorasi bila mengalami imbibisi akan terjadi kebocoran membran sel sehingga banyak unsur dari benih yang lepas. Hal ini menyebabkan benih kekurangan materi yang diperlukan untuk melakukan perkecambahan.

4. Keragaman benih meningkat

Benih yang mengalami deteriorasi jika ditanam di lapang menunjukkan keragaman fenotipe yang besar

5. Perubahan warna benih

Umumnya hal ini menjadi tolok ukur pertama untuk menduga bahwa benih telah mengalami deteriorasi misalnya benih yang semula nampak segar berubah menjadi kusam

6. Laju perkecambahan lambat

Pada benih yang telah mengalami *deteriorasi* maka perkecambahannya melambat dan umumnya tidak merata

7. Benih tidak berkecambah

Benih yang mengalami *deteriorasi* tingkat akut bisa tidak berkecambah, meskipun sebenarnya benih tersebut belum mati

8. Mati

Hal ini merupakan akhir dari benih yang telah mengalami kemunduran.

2.5.2 Faktor Yang Mempengaruhi Kemunduran Benih

Menurut Copeland dan Donald (1985) faktor-faktor yang mempengaruhi kemunduran benih diantaranya :

1. Faktor internal benih.

Mencakup kondisi fisik dan keadaan fisiologinya. Contoh : benih yang retak, luka dan tergores akan lebih cepat mengalami kemunduran. Faktor induced selama perkembangan benih di lapangan mempengaruhi kondisi fisiologisnya, contohnya terjadinya kekurangan mineral (seperti N, K, Ca), air, dan suhu ekstrim di lapangan.

2. Faktor kelembaban nisbi (relative humidity/RH) dan temperature

RH mempengaruhi kadar air benih, dan kadar air benih mempengaruhi respirasi benih. RH lingkungan dipengaruhi oleh suhu (T) lingkungan. RH dan T saling berkaitan dan mempengaruhi kemunduran benih :

- a. Setiap penurunan kadar air 1% menggandakan masa hidup dua kali

- b. Setiap penurunan suhu ruang simpan 5°C akan meningkatkan masa hidup benih dua kali

3. Suhu

Suhu ruang simpan berperan dalam mempertahankan viabilitas benih selama penyimpanan, yang dipengaruhi oleh kadar air benih, suhu dan kelembaban nisbi ruangan. Pada suhu rendah respirasi berjalan lambat dibanding suhu tinggi. Dalam kondisi tersebut viabilitas benih dapat dipertahankan lebih lama. Pada periode simpan 0 minggu, benih belum mengalami masa penyimpanan, dan kadar air ditetapkan sebagai kadar air awal penyimpanan. Kadar air benih diukur dengan metode langsung yakni melalui proses pengovenan suhu 103°C selama 18 jam. Perhitungan perkiraan kadar air benih dilakukan berdasarkan basis basah, yaitu bobot akhir benih setelah dioven dibagi bobot awal (basah) benih sebelum dioven dikali 100 persen.

2.5.3 Pengendalian Kemunduran Benih

Kemunduran benih tidak bisa dihentikan, namun hanya bisa diperlambat. Beberapa teknik yang bisa digunakan sebagai alternatif dalam upaya memperlambat deteriorasi diantaranya Nugroho (2012):

1. Pemanenan saat benih mencapai masak fisiologis

Waktu panen yang tepat sangat mempengaruhi mutu benih. Benih yang dipanen lewat masak fisiologis menyebabkan benih sudah mengalami penurunan, sehingga secara otomatis viabilitasnya juga turun. Oleh karena itu informasi mengenai tercapainya masak fisiologis perlu diketahui.

2. Proses benih yang benar

Penanganan benih sangat berbeda dengan penanganan biji biasa untuk dikonsumsi. Perlakuan yang baik dimaksudkan untuk mempertahankan vigor awal benih. Setelah pengolahan benih berlangsung maka benih yang dihasilkan harus terjamin mutunya, dan tetap memenuhi standar yang ditentukan, seperti kadar air, daya berkecambah, kemurnian benih, kesehatan benih, dan sebagainya.

3. Penyimpanan benih

Penyimpanan benih dilakukan terhadap benih yang tidak langsung digunakan. Supaya tidak mengalami *deteriorasi* maka benih harus disimpan dengan suhu, kadar air dan kelembaban tertentu. RH mempengaruhi kadar air benih, dan kadar air benih mempengaruhi respirasi benih. RH lingkungan dipengaruhi oleh suhu (T) lingkungan. RH dan T saling berkaitan dan mempengaruhi kemunduran benih, dimana setiap penurunan kadar air 1% meningkatkan masa hidup dua kali, dan setiap penurunan suhu ruang simpan 5° C akan meningkatkan masa hidup benih dua kali.

2.6 Invigorasi

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).

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).

Invigorasi didefinisikan sebagai salah satu perlakuan fisik, fisiologi 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* (Basu dan Rudrapal, 1982).

2.6.1 Osmoconditioning

Osmoconditioning merupakan perbaikan fisiologi dan biokimia dalam benih selama penundaan perkecambahan. Perbaikan ini berhubungan dengan kecepatan dan keserempakan perkecambahan, perbaikan dan peningkatan potensial perkecambahan (Bradford, 1984).

Tujuan dari *osmoconditioning* adalah mempercepat waktu perkecambahan, menyerempakkan perkecambahan dan memperbaiki presentase perkecambahan dan penampakan di lapang. *Osmoconditioning* akan lebih efektif dengan mengatur konsentrasi larutan osmotik sampai pada tingkat dimana kecambah belum muncul (Khan, 1992).

Osmoconditioning dapat menggunakan garam NaCl, KNO₃ dan KH₂PO₄ dan senyawa berbobot molekul tinggi seperti mannitol dan *Polyethylene Glikol* (PEG). Konsentrasi larutan osmotikum dapat mengatur jumlah dan kecepatan penyerapan air sampai pada fase 2 penyerapan air sehingga pemunculan radikula

dapat dicegah selama beberapa waktu. Kondisi ini memungkinkan fase aktivasi berlangsung lebih lama dan mengurangi waktu paruh T50 sebesar 40% . Hal ini berarti bahwa 40% dari fase awal pertumbuhan dapat terhindar dari stress lingkungan/mekasisme toleransi stres lingkungan (Widoretno, dkk, 2002).

Osmoconditioning dimulai pada saat benih diimbibisi dalam suatu pelarut dengan potensial air rendah dan kandungan air ini dapat ditahan setelah mencapai keseimbangan. Khan (1992) menyatakan bahwa *osmoconditioning* akan berlangsung sekitar 2-21 hari pada suhu 15-20°C dengan kisaran potensial -0.8-1,6 Mpa, tergantung pada jenis tanaman. 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).

2.6.2 Matricconditioning

Matricconditioning merupakan invigorasi yang dilakukan dengan menggunakan media padat yang dilembabkan. Media yang digunakan untuk *matricconditioning* harus mempunyai daya larut rendah dan daya pegang air tinggi. Selain itu, berat jenis rendah dan mampu melekat pada kulit benih. Tujuan dari *matricconditioning* dapat mempercepat waktu untuk berkecambah dan mempengaruhi pertumbuhan kecambah yang diindikasikan dengan meningkatnya berat basah dari kecambah. Bahan-bahan yang digunakan untuk *matricconditioning* diantaranya adalah serbuk gergaji, abu gosok, zeolite, vermikulit dan micro-Cel E (Khan, 1992).

2.6.3 Hidrasi-dehidrasi

Hidrasi-dehidrasi merupakan suatu perlakuan pelembaban benih dalam suatu periode tertentu yang diikuti dengan pengeringan benih sampai kembali pada berat semula (Basu dan Rudrapal, 1982 *dalam* Rusmin, 2004). Metode pelembaban benih dilakukan dengan berbagai cara, seperti merendam benih, mencelup benih dan menyemprot benih, 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 (Rusmin, 2004).

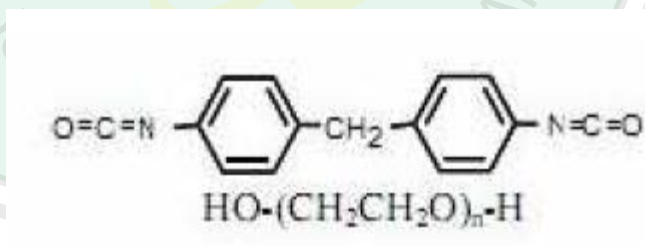
2.7 Penggunaan *Polyethylene Glycol* (PEG) Untuk Invigorasi Benih

Polyethylene Glycol (PEG) merupakan senyawa yang stabil, non ionik, polymer panjang yang larut dalam air (Plaut, dkk 1985). Adapun ciri-ciri PEG yaitu, tidak berwarna, dan berbentuk Kristal putih. PEG juga memiliki sifat-sifat diantaranya : 1) larut dalam air, 2) tidak larut dalam ethyl, eter, hexane dan ethylene glycol, 3) tidak larut dalam air yang memiliki suhu tinggi, 4) bersifat *inert* artinya tidak ada reaksi berbahaya dalam tubuh dan, 5) digunakan sebagai agen seleksi sifat ketahanan gen (Plaut, 1985).

Polyethylene glycol (PEG) dengan rumus molekul ($\text{HO-CH}_2\text{-(CH}_2\text{-O-CH}_2\text{)}_x\text{-CH}_2\text{-OH}$) merupakan senyawa polimer berantai panjang, tidak berubah (*inert*), bukan ionik dan tidak beracun. PEG 6000, biasa dipakai untuk menciptakan substrat bertekanan osmotik tinggi tanpa dampak peracunan (Sadjad, 1994).

PEG 6000 adalah *polyethylene Glycol* H (O-CH₂-CH₂)_n OH harga n 158 dan 204 dengan BM 7000 sampai 9000. Berupa serbuk licin putih atau potongan putih kuning gading, praktis tidak berbau dan tidak berasa. Kelarutan PEG 6000 yaitu mudah larut dalam air, dalam etanol (95%) P dan dalam kloroform 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 sampai 61°C (Umar,dkk, 2009).

PEG (*Polyethylene Glycol*) 6000 yang digunakan menerangkan bahwa bahan kimia PEG tersebut mempunyai berat molekul rata-rata 6000. PEG 6000 adalah bahan kimia yang berwarna putih seperti lilin, parafin, sebagai benda padat pada suhu kamar, tidak beracun, tidak berkarat, tidak berbau, inert, tidak mudah terhidrolisis, tidak membantu pertumbuhan jamur dan dapat dikombinasikan berdasarkan bobot molekulnya. PEG 6000 mempunyai titik leleh 56-63°C (Salman, 1989).

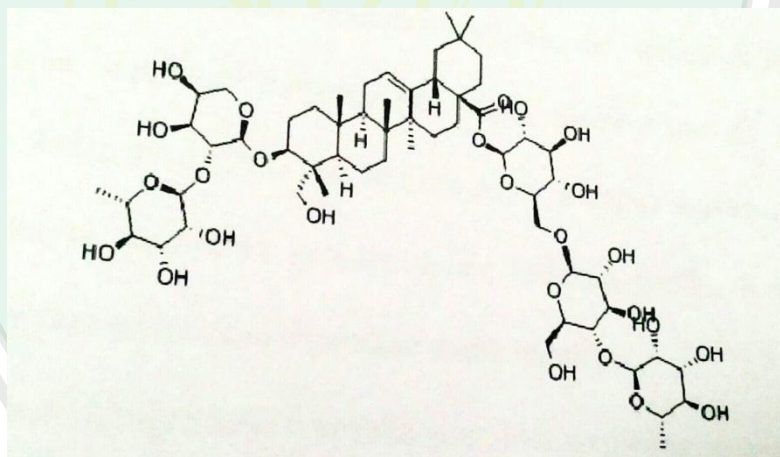


Gambar 2.4 Struktur molekul kimia PEG (Plaut, 1985)

PEG (HO-CH₂-(CH₂-O-CH₂)_X-CH₂-OH) merupakan senyawa polimer berantai panjang, tidak berubah (*inert*), bukan ionik dan tidak beracun. PEG tersedia dalam formulasi yang berbeda-beda sifat fisik dan berat molekulnya. Diantara senyawa-senyawa PEG tersebut paling umum digunakan dalam penelitian fisiologi tanaman dan benih adalah PEG 6000. Sel-sel benih memiliki

nilai osmotik tertentu, demikian pula halnya dengan larutan PEG. Dengan membuat konsentrasi PEG dapat diketahui konsentrasi yang sama dengan nilai osmotik benih (Rahardjo, 1986).

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 sel yang dapat digunakan untuk membatasi perubahan kadar air dan O_2 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 (Rahardjo, 1986).



Gambar 2.5 Struktur molekul PEG berikatan dengan air (Plaut, 1985)

PEG mampu mengikat air ketika molekul H_2O berikatan dengan OH sehingga terbentuk ikatan hidrogen. Air akan masuk melalui pori-pori benih dimana dengan kemampuan PEG yang dapat mengikat air, yang nantinya akan digunakan untuk imbinisi (Plaut, 1985)

Beberapa kelebihan dari PEG yaitu, mempunyai sifat dalam proses penyerapan air, sebagai *selective gen agent* diantaranya tidak toksik terhadap tanaman, larut dalam air, dan telah digunakan untuk mengetahui pengaruh kelembaban terhadap perkecambahan biji tanaman budidaya, bisa masuk ke dalam sel (intraseluler) dan juga dapat digunakan sebagai osmotikum pada jaringan, sel ataupun organ. Senyawa PEG dengan berat molekul 6000 dipilih karena mampu bekerja lebih baik pada tanaman daripada PEG dengan berat molekul yang lebih rendah, senyawa PEG mampu mengikat air. Besarnya kemampuan larutan PEG dalam mengikat air bergantung pada berat molekul dan konsentrasinya (Plaut, 1985).

Polyethylene Glycol bersifat larut dalam air dan menyebabkan penurunan potensial air. Besarnya penurunan air sangat bergantung pada konsentrasi penurunan berat molekul PEG. Keadaan seperti ini dimanfaatkan untuk simulasi penurunan potensial air. Potensial air dalam media yang mengandung PEG dapat digunakan untuk meniru besarnya potensial air (Plaut, 1985).

PEG adalah salah satu senyawa yang digunakan dalam invigorasi. PEG mempunyai peran dalam membantu imbibisi air oleh benih. Selama penyimpanan benih ortodok 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. 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).

Invigorasi dengan cara perendaman dalam larutan osmotik (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, 2007).