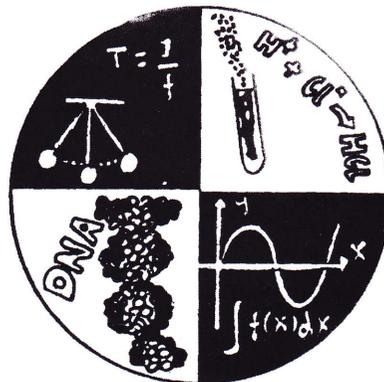


ISSN 1412-3770

JURNAL ILMIAH
SAINS

Volume 10 Nomor 2, Oktober 2010



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SAM RATULANGI
MANADO

JURNAL ILMIAH S A I N S

ISI/CONTENTS

- 1 Sintesis Metil 6-Alil-8-Metoksi-4-Kumarinkarboksilat dari Eugenol (*Synthesis of Methyl 6-Allyl-8-Methoxy-4-Coumarincarboxylate from Eugenol*)

Max R.J. Runtuwene 160 – 165
- 2 Pentingnya Pulau Sulawesi Sebagai Pusat Biodiversitas Satwa Primata (*The Importance of Sulawesi Island as a Center of Non-Human Primate Biodiversity*)

Saroyo dan Marnix
L. Langoy 166 – 169
- 3 Optimasi Jalur Distribusi Komoditas dengan Menggunakan Metode Insertion (*Optimization of Commodities Distribution Route Using Insertion Methods*)

Deiby T. Salaki 170 – 179
- 4 Peta Zonasi Gempa Wilayah Sulawesi Utara dan Sekitarnya Sebagai Upaya Mitigasi Bencana (*Seismic Zone Mapping of North Sulawesi and Surrounding Region as an Effort of Disaster Mitigation*)

Guntur Pasau dan Ferdy 180 – 184
- 5 *Panjer Recursion for Compound Distributions (Panjer Recursion dalam Menyelesaikan Distribusi compound)*

Tohap Manurung 185 – 189
- 6 Peranan Air dalam Perkecambahan Biji (*The Role of Water During Seed Germination*)

Nio Song Ai dan Maria Ballo 190 – 195
- 7 Analisis Kandungan Etanol dalam Minuman “Cap Tikus” dengan Kromatografi Gas dan Spektrofotometer Inframerah (*Analysis of Ethanol Content in “Cap Tikus” Beverage Using Chromatography and Infrared Spectrophotometer*)

Meiske Sangi 196 – 200

- 8 Efektivitas Jahe untuk Mengurangi Mual dan Muntah pada Kehamilan Muda (*Effectiveness of Ginger in Reducing Nausea and Vomitus During Early Pregnancy*)
Meisje Angsu, John Wantania dan Jefferson Rompas 201 –208
- 9 Studi: Penentuan Resistivitas Listrik Karakteristik n-Germanium Intrinsik (*Study: Resistivity Determination of Characteristic Electricity for Intrinsic n-Germanium*)
Ferdy 209 –211
- 10 Pengembangan Algoritma untuk Program Terapan Chemometric: Masalah Representasi Grafis Kesetimbangan Kimia dan Spektrometri) (*Algorithms Development for Applied Chemometric Program: (Program Graphical Representation Problems of Chemical Equilibrium and Spectrometry)*)
Hanny A.H. Komalig 212 –217
- 11 Efek Variasi Suhu dan Zat Pengaktif Terhadap Daya Jerap Arang Aktif Limbah Gergajian Kayu Besi (*Intsia spp.*) (*Effect of Temperature and Activating Agents Variation on the Activated Carbon Adsorption of Besi (Intsia spp.) Timber Sawmill-Waste*)
Harry S.J. Koleangan 218 –221
- 12 *Aggregate Loss* Asuransi Mobil dengan Metode Recursif (*Aggregate Loss of Car Insurance with Recursive Method*)
Tohap Manurung 222 –228
- 13 Hubungan Antara Kandungan IAA dengan Pertumbuhan dan Kandungan Katarantin Kultur Agregat Sel *Catharanthus roseus* yang Diberi Perlakuan Triptofan dalam Labu Erlenmeyer (*The Correlation of IAA Concentration with Growth and Catharanthine Concentration of Catharanthus roseus that Ways Treated with Tryptophan in Erlenmeyer Flasks*)
Dingse Pandiangan 229 –234
- 14 Pembuatan dan Uji Kualitas Biobriket Campuran Arang Tempurung dan Serbuk Sabut Kelapa (*Making and Quality Test of Coco Shell-Dust BioBriquettes*)
Dolfie P. Pandara dan As'ari 235 –238
- 15 Pengaruh *Emulsifier* dan *Stabilizer* Terhadap Viskositas dan Sifat Sensoris Mayones (*Effects of Emulsifier and Stabilizer on th Viscosity and Sensory Characteristics of Mayonnaise*)
Vanda S. Kamu, Julius Pontoh Dan Feti Fatimah 239 –246

- 16 Analisis Respons Spektra Gempa Bumi Sulawesi Utara dan Sekitarnya dengan Model Sumber Gempa Tiga Dimensi (*Analysis of Earthquake Spectral Response in North Sulawesi and Surroundings Using Model of Three Dimensional Source*)
Guntur Pasau 247 – 251
- 17 Analisis Toksisitas Pigmen Antosianin pada Tumbuhan Kembang Sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis L.*) sebagai Senyawa Pewarna (*Toxicity Analysis of Anthocyanin in Hibiscus rosa-sinensis L. as Colouring Substance*)
Johnly Alfreds Rorong 252 – 260
- 18 Studi Pembuatan Krim Pembersih dari Ekstrak Buah Tomat (*Study on Making Cleansing Cream of Tomato Fruit Extract*)
Fatimawali 261 – 264
- 19 Pengaruh Variasi Tekanan Densifikasi Terhadap Nilai Kalor dari Biobriket Campuran Arang Tempurung dan Sabut Kelapa (*The Effect of Densification-Pressure Variation on Calor Value of Coco Shell-Dust Biobriquettes*)
As'ari dan Dolfie P. Pandara 265 – 268
- 20 Penggunaan Analisis Jalur untuk Mengetahui Hubungan Antara Sektor Pengguna Energi dan Faktor Meteorologi dengan Konsentrasi Polutan Udara di Kota Manado (*Using Path Analysis to Knowed Correlation Between Energy and Meteorology Sector with Air Pollutant Concentration at Manado*)
Djoni Hatidja 269 – 277
- 21 Profil Lipid Plasma Tikus Wistar pada Pemberian Virgin Coconut Oil (VCO) Mengandung Karotenoid Wortel (*Profile of Plasma Lipid in Wistar Rat with Diet of Virgin Coconut Oil (VCO) Containing Carrot Carotenoid*)
Lidya I. Momuat,
Audy Wuntu, Julius Pontoh,
dan Nancy Korompis 278 – 284

PERANAN AIR DALAM PERKECAMBAHAN BIJI

Nio Song Ai¹⁾ dan Maria Ballo¹⁾

Program Studi Biologi FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado, 95115

ABSTRAK

Perkecambahan biji merupakan proses pertumbuhan embrio dan komponen-komponen biji lainnya untuk dapat menghasilkan tumbuhan baru. Proses ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor dalam (tingkat kemasakan biji, ukuran biji, dormansi, dan penghambat perkecambahan) maupun faktor-faktor luar (air, temperatur, oksigen, dan cahaya). Air merupakan salah satu faktor luar yang sangat penting dalam perkecambahan, karena penyerapan air merupakan tahap awal perkecambahan biji. Air berperan penting untuk mengaktifkan sel-sel yang bersifat embrionik di dalam biji, melunakkan kulit biji dan menyebabkan mengembangnya embrio dan endosperm, fasilitas untuk masuknya oksigen ke dalam biji, mengencerkan protoplasma dan media angkutan makanan dari endosperm atau kotiledon ke daerah titik-titik tumbuh. Rasio panjang akar seminal:panjang tunas padi dan gandum pada fase perkecambahan meningkat pada saat kekurangan air akibat terbatasnya pasokan air dan nutrien untuk tunas dan adanya sinyal hormonal yang diinduksi di akar sebagai respons terhadap kekurangan air. Studi berbagai indikator toleransi kekeringan pada tumbuhan pada fase perkecambahan akan memperkaya wawasan tentang adaptasi tumbuhan terhadap kekurangan air dan akan mendukung program pemuliaan tanaman di daerah yang mengalami kekeringan.

Kata kunci: fase perkecambahan, kekeringan, penyerapan air

THE ROLE OF WATER DURING SEED GERMINATION

ABSTRACT

Seed germination is a growth process of embryo and other components of seed to produce new individual plant. This process is influenced by internal factors (seed maturity, seed size, dormancy, and germination inhibitors) and external factors (water, temperature, oxygen, and light). Water is an important external factor for germination as water absorption is the first step in the germination process. Water is required for activating embryonic cells in the seed, softening seed coat and swelling the embryo and endosperm, facilitating oxygen to enter the seed, diluting protoplasm and transporting reserved food from endosperm or cotyledon to the growing parts of the embryo. Seminal root-to-shoot length ratio in rice and wheat in the germination phase increased under water deficit because of the limited supply of water and nutrients to the shoot and some hormonal signal induced in the root as a response to water deficit. Study on various traits as response to water deficit at the germination phase would provide additional knowledge on regulation of adaptation to water deficit and would support future breeding programs for water-limited environments.

Keywords: germination phase, water deficit, water absorption

PENDAHULUAN

Perkecambahan biji merupakan proses metabolisme biji hingga dapat menghasilkan pertumbuhan dari komponen keambah, yaitu plumula dan radikula. Biasanya radikula keluar dari kulit biji, lalu tumbuh ke bawah dan membentuk sistem akar. Plumula muncul ke atas dan membentuk sistem tajuk (Edmond *et al.*, 1975).

Perkecambahan biji dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor dalam dan faktor-faktor luar. Faktor-faktor dalam meliputi tingkat kemasakan biji, ukuran biji, dormansi, dan penghambat perkecambahan. Sedangkan faktor-faktor luar yang mempengaruhi perkecambahan biji meliputi air, temperatur, oksigen, dan cahaya. Sifat kulit biji dan jumlah air yang tersedia pada lingkungan sekitarnya mempengaruhi

penyerapan air oleh biji. Pada saat perkecambahan, respirasi meningkat disertai dengan meningkatnya pengambilan oksigen dan pelepasan karbondioksida, air dan energi. Biji yang dikecambahkan pada keadaan kurang cahaya atau gelap dapat menghasilkan kecambah yang mengalami etiolasi. Temperatur optimum untuk terjadinya perkecambahan tidak jauh berbeda dengan temperatur lingkungan tempat biji dihasilkan. Tingkat kematangan biji dan faktor-faktor luar merupakan syarat penting bagi perkecambahan (Stefferd, 1961; Sutopo, 1993).

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam kehidupan, karena tidak ada kehidupan yang dapat berlangsung tanpa adanya air. Banyak fungsi dalam biologi yang sepenuhnya tergantung pada air seperti yang terlihat pada reaksi-reaksi biokimia dalam protoplasma yang dikendalikan oleh enzim. Selain itu molekul air dapat berinteraksi secara langsung sebagai komponen reaktif dalam proses metabolisme sel (Sasmitamihardja dan Siregar, 1996). Demikian pula halnya dengan tumbuhan yang akan mengalami cekaman kekeringan atau mati jika kekurangan air. Sehubungan dengan perkecambahan, air juga berperan penting untuk terjadinya perkecambahan, karena sebagian besar biji mempunyai kandungan air yang relatif rendah dan perkecambahan dimulai dengan penyerapan air (Mayer dan Mayber, 1963). Biji memerlukan sejumlah besar air yang harus diserap sebelum perkecambahan bisa terjadi (Wilkins, 1989), yaitu sekitar dua atau tiga kali dari berat keringnya (Stefferd, 1961). Karena pentingnya air dalam perkecambahan, pembahasan hanya dibatasi pada pengaruh air dalam perkecambahan biji, khususnya proses fisiologi dalam perkecambahan, peranan air dalam perkecambahan dan perkecambahan biji pada saat kekurangan air.

MORFOLOGI BIJI

Biji (semen), yang merupakan perkembangan dari bakal biji, adalah alat perkembangbiakan utama pada tumbuhan berbiji, karena setiap biji mengandung lembaga (embrio) yang merupakan calon individu baru. Biji mempunyai tiga bagian (Gambar 1) sebagai berikut:

1. Kulit biji (spermodermis)

Kulit biji pada tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae) terdiri dari dua lapisan, yaitu lapisan kulit luar (testa) dan lapisan kulit dalam (tegmen). Lapisan kulit luar biasanya kuat dengan permukaan yang bervariasi, sedangkan lapisan kulit dalam bersifat seperti selaput dan sering kali juga disebut kulit ari. Pada tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae), ada tiga lapisan kulit biji, yaitu kulit luar (sarcotesta), kulit tengah (sclerotesta) dan kulit dalam (endotesta). Kulit luar biasanya tebal berdaging, berwarna hijau saat masih muda dan akan menjadi kuning dan akhirnya merah. Kulit tengah merupakan lapisan yang kuat, keras dan berkayu. Kulit dalam umumnya tipis seperti selaput dan seringkali melekat pada inti biji (Tjitrosoepomo, 2009; Nugroho *et al.*, 2010).

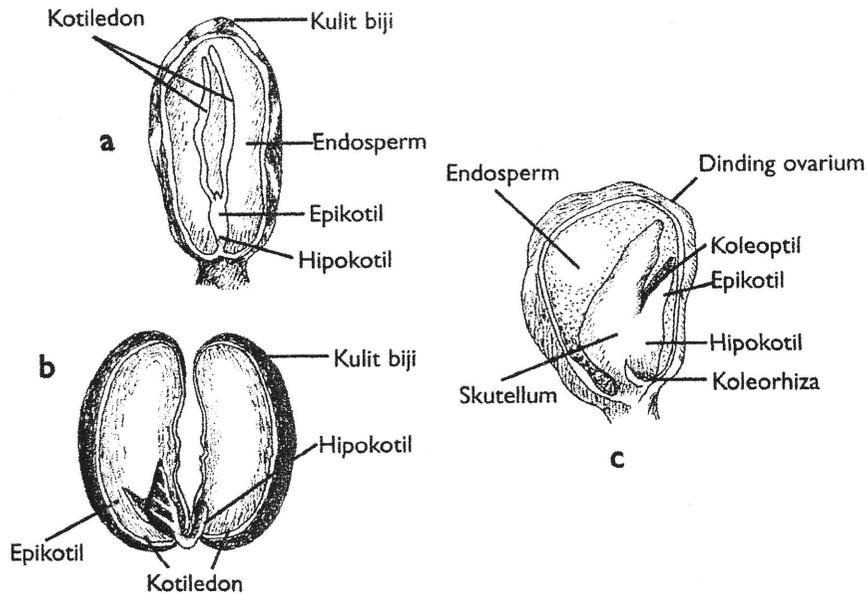
2. Tali pusar (funiculus)

Tali pusar atau yang disebut penggantung biji memiliki bentuk yang bervariasi dan pada umumnya akan mengering dan lepas jika biji telah tua (Tjitrosoepomo, 2009; Nugroho *et al.*, 2010).

3. Inti biji (nucleus seminis), dibedakan atas 2 yaitu :

a. Lembaga (embrio) yang meliputi akar lembaga (radikula), daun lembaga (kotiledon), batang lembaga (kaulikula) yang dibedakan menjadi hipokotil dan epikotil, pucuk lembaga (plumula) yang merupakan daun yang pertama kali terbentuk di ujung batang lembaga.

b. Putih lembaga (albumen) yang mengandung cadangan makanan untuk pertumbuhan kecambah sebelum memiliki kemampuan membuat makanan sendiri (Tjitrosoepomo, 2009; Nugroho *et al.*, 2010).



Gambar 1. Struktur luar biji a) jarak (*Ricinus communis*), b) kacang panjang (*Phaseolus vulgaris*), c) jagung (*Zea mays*) (Nugroho et al. 2010)

PROSES FISILOGI PADA PERKECAMBAHAN BIJI

Perkecambahan meliputi beberapa tahapan, antara lain imbibisi, sekresi hormon dan enzim, hidrolisis cadangan makanan, pengiriman bahan makanan terlarut dan hormon ke daerah titik tumbuh atau daerah lainnya serta asimilasi atau fotosintesis (Sudjadi, 2006). Perkecambahan dimulai dengan proses penyerapan air ke dalam sel-sel dan proses ini merupakan proses fisika. Proses penyerapan air pada biji atau imbibisi terjadi melalui mikropil. Air yang masuk ke dalam kotiledon menyebabkan volumenya bertambah, sehingga kotiledon membengkak. Pembengkakan tersebut pada akhirnya menyebabkan pecahnya testa (Sudjadi, 2006). Masuknya air pada biji menyebabkan enzim aktif bekerja dan proses ini berhubungan dengan aspek kimia. Enzim amilase bekerja memecah tepung menjadi maltosa, selanjutnya maltosa dihidrolisis oleh maltase menjadi glukosa. Protein juga dipecah menjadi asam amino. Senyawa glukosa masuk ke dalam proses metabolisme untuk menghasilkan energi atau diubah menjadi senyawa karbohidrat penyusun struktur tubuh. Asam amino dirangkaikan menjadi protein yang berfungsi untuk menyusun struktur sel dan menyusun enzim-enzim baru. Asam lemak terutama dipakai untuk

menyusun membran sel (Dwidjoseputro, 1983).

Secara fisiologis, proses perkecambahan berlangsung dalam beberapa tahapan penting yang meliputi (Mayer dan Mayber, 1963):

1. Absorpsi air

Absorpsi atau penyerapan air merupakan langkah awal dalam perkecambahan biji dan biji yang menyerap air atau mengalami imbibisi akan membengkak. Pembengkakan biji menyebabkan kulit biji pecah sehingga radikula tumbuh ke arah bawah dan membentuk akar.

2. Metabolisme penguraian materi cadangan makanan

Proses ini merupakan pemecahan senyawa bermolekul besar dan kompleks menjadi senyawa bermolekul lebih kecil, sederhana, larut dalam air dan dapat diangkut melalui membran dan dinding sel. Cadangan makanan utama pada biji berupa pati, hemiselulosa, lemak dan protein. Senyawa-senyawa ini tidak larut dalam air atau berupa koloid, terdapat dalam jumlah besar pada endosperm dan kotiledon, tidak dapat diangkut ke daerah yang memerlukan. Proses penguraian makromolekul ini dibantu oleh beberapa enzim, seperti amilase mengubah pati dan hemiselulosa menjadi gula, protease mengubah protein menjadi asam amino, lipase mengubah lemak menjadi asam

lemak dan gliserin. Aktivasi enzim dilakukan oleh air setelah terjadinya imbibisi. Enzim yang telah diaktivasi masuk ke dalam endosperm atau kotiledon untuk menguraikan cadangan makanan.

3. Transpor materi hasil penguraian dari endosperm ke bagian embrio yang aktif tumbuh

Hasil penguraian diangkut dari jaringan penyimpanan makanan menuju titik-titik tumbuh pada aulikula, radikula dan plumula. Biji belum mempunyai jaringan pengangkut, sehingga pengangkutan dilakukan secara difusi atau osmosis dari satu sel hidup ke sel hidup lainnya.

4. Proses-proses pembentukan kembali (asimilasi)

Asimilasi merupakan tahap terakhir dalam penggunaan cadangan makanan dan juga merupakan proses pembangunan kembali, misalnya protein yang sudah dirombak menjadi asam amino disusun kembali menjadi protein baru dengan bantuan energi yang dihasilkan dari respirasi.

5. Respirasi

Respirasi merupakan proses perombakan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan membebaskan sejumlah energi. Proses ini dimulai pada aulikula, radikula dan plumula dan akan beralih ke endosperm atau kotiledon setelah cadangan makanan habis. Aktivitas respirasi yang tertinggi terjadi pada saat radikula menembus kulit biji.

6. Pertumbuhan

Pertumbuhan terjadi setelah kulit biji memecah. Ada dua macam pertumbuhan pada perkecambahan, yaitu pembesaran sel-sel yang sudah ada dan pembentukan sel-sel yang baru pada titik-titik tumbuh. Pertumbuhan berakhir setelah terjadi pemanjangan radikula dan plumula.

PERANAN AIR DALAM PERKECAMBAHAN BIJI

Air memegang peranan terpenting dalam proses perkecambahan biji dan fungsi air dalam perkecambahan adalah sebagai berikut:

1. Penyerapan air mengaktifkan sel-sel yang bersifat embrionik di dalam biji, sehingga penyerapan air mempercepat perkecambahan.

2. Air yang diserap oleh biji berguna untuk melunakkan kulit biji dan menyebabkan mengembangnya embrio dan endosperm. Hal ini mengakibatkan pecah atau robeknya kulit biji.

3. Air memberikan fasilitas untuk masuknya oksigen kedalam biji. Dinding sel yang kering hampir tidak permeabel untuk gas, tetapi apabila dinding sel diimbibisi oleh air, maka gas akan masuk ke dalam sel secara difusi. Apabila dinding sel kulit biji dan embrio menyerap air maka persediaan oksigen meningkat pada sel-sel hidup sehingga memungkinkan lebih aktifnya respirasi. Selain itu CO₂ yang dihasilkan oleh respirasi lebih mudah berdifusi keluar.

4. Air berguna untuk mengencerkan protoplasma sehingga dapat mengaktifkan berbagai reaksi metabolisme dalam sel. Sebagian air di dalam protoplasma sel-sel embrio dan bagian hidup lainnya pada biji, hilang sewaktu biji tersebut telah mencapai masak sempurna dan lepas dari induknya. Sejak saat ini aktivitas protoplasma hampir seluruhnya berhenti sampai perkecambahan dimulai. Sel-sel hidup tidak bisa aktif lagi melaksanakan proses-proses seperti penguraian pernapasan, asimilasi, dan pertumbuhan apabila protoplasma tidak mengandung air yang cukup.

5. Air berguna sebagai media angkutan makanan dari endosperm atau kotiledon ke daerah titik-titik tumbuh, yang diperlukan untuk membentuk protoplasma baru (Suwasono, 1996).

Biji yang dikecambahkan pada kondisi optimal pada cawan petri menunjukkan adanya 3 fase penyerapan air. Fase I yang merupakan fase awal penyerapan air berlangsung sebagai akibat tarikan terhadap molekul air karena besarnya potensi matrik dari dinding sel dan bahan-bahan lain yang terkandung dalam sel. Oleh sebab itu, fase I ini akan tetap berlangsung, saat biji dalam keadaan dorman ataupun tak dorman dan saat biji tersebut hidup atau mati. Setelah fase I berlangsung, maka akan terjadi stagnasi dalam penyerapan air oleh biji. Fase stagnasi ini disebut fase II. Biji yang dorman atau biji yang mati akan tetap berada pada fase ini dan tidak akan masuk pada fase III. Penyerapan air pada fase III berkaitan dengan pertumbuhan kecambah. Pada fase III akan

terjadi reaksi enzimatik dan beberapa proses metabolisme segera dimulai (Lakitan, 1996).

Hubungan antara fase serapan air dengan metabolisme biji adalah sebagai berikut:

1. Penyerapan air pada fase I tidak tergantung pada proses metabolisme biji, sebaliknya hidrasi berbagai substansi yang terkandung dalam sel biji merupakan titik awal dari reaksi-reaksi biokimia yang akan berlangsung pada biji.
2. Walaupun serapan air relatif terhenti pada fase II, namun pada fase ini metabolisme biji berlangsung secara aktif sebagai persiapan untuk perkecambahan biji.
3. Penyerapan air pada fase III berkaitan dengan proses pertumbuhan kecambah (Lakitan, 1996).

PERKECAMBAHAN BIJI PADA SAAT KEKURANGAN AIR

Tingkat kerugian yang dialami oleh tanaman akibat kekeringan tergantung pada beberapa faktor, antara lain pada saat tanaman kekurangan air, intensitas kekurangan air dan lamanya kekurangan air (Lawlor, 1993 dalam Nio & Kandou, 2000). Selama siklus hidup tanaman, mulai dari perkecambahan sampai panen selalu membutuhkan air dan tidak satupun proses metabolisme tanaman dapat berlangsung tanpa air. Ketersediaan air di lingkungan sekitar biji merupakan faktor penting. Kurang tersedianya air pada lingkungan biji akan menyebabkan jumlah air yang diambil untuk berkecambah menjadi semakin rendah atau bahkan tidak mencukupi. Ada batas minimum serapan air yang harus dilampaui agar perkecambahan dapat berlangsung (Bewley dan Black, 1978). Besarnya kebutuhan air setiap fase perkecambahan dan fase pertumbuhan selama siklus hidup tumbuhan tidak sama. Hal ini berhubungan langsung dengan proses fisiologis, morfologis dan kombinasi keduanya dengan faktor-faktor lingkungan (Jumin, 1992).

Pengaruh kekurangan air yang diinduksi dengan polietilen glikol 8000 terhadap perkecambahan biji dievaluasi pada padi (*Oryza sativa* L.) dengan mengamati panjang akar seminal, panjang tunas, panjang koleoptil, rasio panjang akar seminal:panjang tunas, persentase perkecambahan dan "seed vigour index" (Tondais, 2010). Hasil

penelitian menunjukkan bahwa di antara keenam parameter tersebut, yang dapat digunakan sebagai indikator toleransi kekurangan air pada kecambah padi adalah rasio panjang akar seminal : panjang tunas (Tondais, 2010). Rasio panjang akar seminal : panjang tunas juga merupakan salah satu indikator toleransi kekeringan pada gandum (*Triticum aestivum* L.) pada tahap perkecambahan (Dhanda *et al.*, 2004). Peningkatan rasio panjang akar seminal:panjang tunas pada saat kekurangan air disebabkan oleh terbatasnya pasokan air dan nutrisi untuk tunas dan adanya sinyal hormonal yang diinduksi di akar sebagai respons terhadap kekurangan air (Sharp *et al.*, 1989).

KESIMPULAN

Proses perkecambahan biji meliputi beberapa tahap fisiologi, yaitu penyerapan air, metabolisme penguraian materi cadangan makanan, transpor materi hasil penguraian dari endosperm ke bagian embrio yang aktif tumbuh, asimilasi, respirasi dan pertumbuhan. Dalam proses perkecambahan air berperan penting untuk mendukung dan mengaktifkan sel-sel yang bersifat embrionik di dalam biji, melunakkan kulit biji dan menyebabkan mengembangnya embrio dan endosperm, fasilitas untuk masuknya oksigen ke dalam biji, mengencerkan protoplasma dan media angkutan makanan dari endosperm atau kotiledon ke daerah titik-titik tumbuh. Pada saat kekurangan air rasio panjang akar seminal:panjang tunas padi pada fase perkecambahan meningkat akibat terbatasnya pasokan air dan nutrisi untuk tunas dan adanya sinyal hormonal yang diinduksi di akar sebagai respons terhadap kekurangan air. Informasi tentang indikator toleransi kekeringan pada tumbuhan yang mengalami kekurangan air pada fase perkecambahan dapat dipakai dalam program pemuliaan tanaman untuk seleksi varietas yang toleran terhadap kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bewley, J. D. dan M. Black. 1978. *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination*. Springer-Verlag. New York.

- Dhanda S.S., G.S. Sethi dan R.K. Behl. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *J. Agronomy & Crop Science* 190: 6-12.
- Dwidjoseputro. 1983. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. PT. Gramedia. Jakarta.
- Edmond, J. B., T. L. Senn dan F. S. Andrews. 1975. *Fundamentals of Horticulture*. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce dan R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. UI Press. Jakarta.
- Jumin, H.B. 1992. Ekologi Tanaman Suatu Pendekatan Fisiologi. Rajawali Press. Jakarta.
- Lakitan, B. 1996. Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Mayer, A.M. dan A. Poljakoff-Mayber. 1963. *The Germination of Seeds*. Macmillan. New York.
- Nio, S.A. dan F.E.F. Kandou. 2000. Respons pertumbuhan padi (*Oryza sativa* L.) sawah dan gogo pada fase vegetatif awal terhadap cekaman kekeringan. *Eugenia* 6 (4): 270-273.
- Nugroho, L.H., Purnomo dan I. Sumardi. 2010. Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Penebar Swadaya. Depok.
- Sasmitamihardja D. dan A.H. Siregar. 1996. Fisiologi Tumbuhan. Proyek Pendidikan Akademik Dirjen Dikti. Depdikbud. Bandung.
- Sharp, R.E. dan W.J. Davis. 1989. *Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water*. Dalam: H.G. Jones, T.J. Flowers dan M.B. Jones (eds). *Plant under Stress*. Cambridge University Press. Cambridge. h. 71-93.
- Stefferd, A. 1961. *Seeds. The United States Government Printing Office*. New York.
- Sudjadi B. 2006. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Sutopo, S. 1993. Teknologi Benih. Rajawali Pers. Jakarta.
- Suwasono H. 1996. Hormon Tumbuhan. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2009. Morfologi Tumbuhan. Cetakan ke-17. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tondais, S.M. 2010. Evaluasi Indikator Toleransi Cekaman Kekeringan pada Fase Perkecambahan pada Padi (*Oryza sativa* L.) Skripsi. FMIPA. Unsrat. Manado.