

ISOLASI DAN KARAKTERISASI AKTIVITAS ENZIM α - AMILASE PADA KECAMBAH KEDELAI PUTIH (*Glycine max* (L). Merill) DAN KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus*) DI BAWAH PENGARUH MEDAN MAGNET

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVITY OF α -AMYLASE ON WHITE SOY BEANS (*Glycine max* (L). Merill) AND MUNG BEAN SPROUT (*Phaseolus radiatus*) UNDER MAGNETIC FIELD INFLUENCE

Widia Angraini¹, Sumardi¹, Tundjung T. Handayani¹, Rochmah Agustina¹

¹Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung,

e-mail : tundjung@unila.ac.id

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung

Jl. Prof.Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, Lampung, Indonesia, 35145

Abstrak

Kedelai putih (*Glycine max* (L.) Merrill) dan kacang hijau (*Phaseolus radiatus*) banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan karena kandungan protein dan karbohidratnya sangat tinggi. Saat berkecambah, karbohidrat dalam biji diurai menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh enzim α -amilase. Salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi perkecambahan biji adalah medan magnet karena dapat mempercepat perkecambahan, sintesis protein, dan aktivitas di dalam sel. Tujuan penelitian ini adalah mengisolasi dan mengetahui karakter enzim α -amilase pada perkecambahan biji kedelai putih dan kacang hijau yang diberi perlakuan medan magnet. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Botani dan Laboratorium Biomolekuler Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung dari bulan Mei sampai Juli 2012. Percobaan dilaksanakan menggunakan Rancangan Kelompok Teracak Lengkap dengan 3 ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah lama pemaparan medan magnet 0,1 mT terdiri dari: 0 menit (kontrol), 7'48", 11'44" dan 15'36". Parameter yang diukur adalah aktivitas enzim α -amilase pada hipokotil dan kotiledon kecambah pada umur yang berbeda. Perbedaan aktivitas enzim α -Amilase dianalisis berdasarkan rata-rata aktivitas enzim pada setiap perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa medan magnet mempengaruhi aktivitas α -amilase selama perkecambahan. Lama pemaparan medan magnet yang baik untuk meningkatkan aktivitas α -amilase dan mempercepat perkecambahan kedelai putih adalah 15'36" sedangkan untuk kacang hijau adalah 11'44" dan 15'36".

Kata Kunci : kedelai putih, kacang hijau, α -amilase, perkecambahan, dan medan magnet

Abstract

White soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and green beans (*Phaseolus radiatus*) are widely used as source of protein and carbohydrate. During germination, carbohydrate, in seed is metabolized into simpler compounds by enzyme α -amylase. One of the environmental factors that affect seed germination is magnetic field. The magnetic field known to accelerate the germination process and protein synthesis. The purposes of the study were to isolate and determine the character of the enzyme α -amylase in white soybean and green bean during germination under magnetic field. The experiment was conducted at the Laboratory of Botany and Laboratory of Molecular Biolog, Department of Biology, FMIPA, the University of Lampung from May-July 2012. The experiment was conducted using a Complete Randomized Group Design with 3 replicates. The treatments were the exposure period of magnetic field of 0.1 mT, for 0 mininute (control), 7'48", 11'44" and 15'36". Parameters measured was α -amylase enzyme activity in intact sprouts (cotyledons and hypocotyl) on different age and longt of hypocotyl. Differences in α -amylase enzyme activity were analyzed by comparing the average activity of the enzyme at each treatment. The results showed that the magnetic field affects the activity of α -amylase during germination. The exposure period to magnetic fields that both increase the activity of α -amylase and accelerate the germination of white soybean was 15'36" whereas for green beans were 11'44" and 15'36".

Key words: white soybean, green beans, α -amilase, germination, and magnetic field

PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan sangat dipengaruhi faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, cahaya, dan medan magnet. Bumi merupakan sumber medan magnet alam. Karl Frederick Gauss menyatakan bahwa medan magnet bumi memiliki hubungan erat dengan perputaran bumi karena kutub magnet bumi dekat dengan sumbu putar bumi (Telford, 1990).

Akhir-akhir ini, medan magnet banyak dikaji efeknya terhadap pertumbuhan berbagai tanaman. Sel tanaman merespon pengaruh medan magnet dengan berbagai fenomena yang tidak terduga. Beberapa faktor yang dapat diamati pengaruhnya terhadap respon sel tanaman antara lain frekuensi medan magnet, lama pemaparan, jenis tanaman, umur tanaman, dan intensitas medan magnet (Belyavskaya, 2004).

Dari penelitian Agustrina (2008) dan Nagy, dkk. (2005) diketahui bahwa medan magnet dapat mempengaruhi proses perkecambahan biji. Saat berkecambah, biji memerlukan enzim-enzim perkecambahan sebagai katalisator pada berbagai proses biokimia di dalam biji tersebut. Salah satu enzim yang sangat penting dalam proses perkecambahan biji adalah α -amilase. Enzim ini berperan dalam penguraian cadangan makanan biji, yaitu amilum, menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat segera dimanfaatkan sebagai sumber energi.

Enzim adalah senyawa organik yang bermuatan sehingga dengan adanya paparan medan magnet di sekitarnya jelas akan berpengaruh terhadap pergerakan muatan-muatan di dalam enzim tersebut. Penuelas, dkk. (2004) menjelaskan bahwa sebagian besar biomolekul bersifat diamagnetik kecuali beberapa proteins yang mengandung ion metal yang bersifat paramagnetik. Adanya medan magnet di sekitar tumbuhan menyebabkan polarisasi berbagai senyawa biomolekul di dalam sel tumbuhan. Senyawa yang bersifat diamagnetik bergerak ke arah yang berlawanan, sebaliknya yang bersifat paramagnetik akan bergerak searah dengan arah medan magnet tersebut (Reitz, dkk., 1994). Sifat kemagnetan senyawa biomolekul inilah yang menjadi salah satu dasar dugaan adanya pengaruh medan magnet terhadap struktur dan berbagai proses metabolisme di dalam sel tumbuhan.

Perlakuan medan magnet telah dicobakan pada beberapa tanaman seperti tomat, cocor bebek (Herawati, 2008), jagung (Sari, 2011), strawberry (Esitken dan Turan, 2004), biji tembakau (Ala-

djadhan dan Ylieve, 2003), kedelai (Agustrina, 2008; Fahmi, 2005; dan Penuelas, dkk., 2004.), dan lain-lain. Pada biji tomat, perlakuan kuat medan magnet sebesar 0,2 mT menyebabkan pertambahan ukuran buah, tinggi tanaman dan berat segar tanaman (Sari, 2011). Ambang batas kuat medan magnet yang dapat diterima menurut *International Radiation Protection Association* (IRPA) adalah 0,5 mT.

BAHAN dan METODE

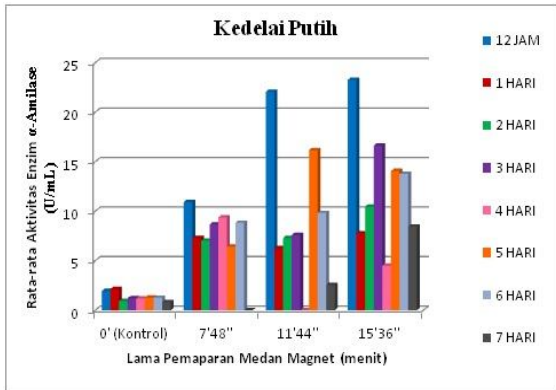
Penelitian dilaksanakan dari bulan Mei sampai dengan Juli 2012 di Laboratorium Botani dan Laboratorium Biomolekuler Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, menggunakan Rancangan Kelompok Teracak Lengkap dengan perlakuan lama pemaparan medan magnet 0,1 mT dengan variasi waktu dari 0 menit (kontrol), 7 menit 48 detik, 11 menit 44 detik, dan 15 menit 36 detik. Setiap perlakuan diulang 3 kali, dan ulangan dijadikan sebagai kelompok.

Parameter yang diamati adalah aktivitas enzim α -amilase pada kecambah (hipokotil dan kotiledon) pada umur kecambah yang berbeda menggunakan metode Fuwa. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 575 nm (Skoog dan West, 1971). Aktivitas enzim α -amilase dinyatakan dengan U/mL dengan batasan satu Unit enzim α -amilase berarti jumlah enzim yang mampu mengkatalis satu μ mol substrat (Sari, 2004).

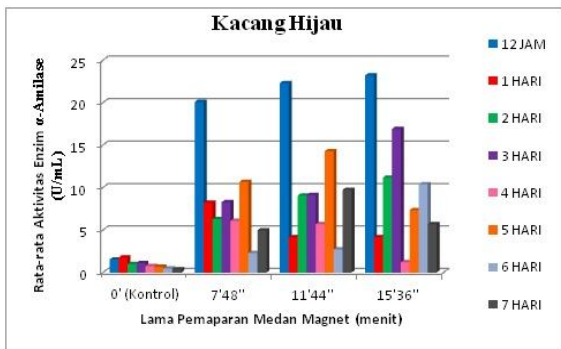
HASIL dan PEMBAHASAN

Nilai aktivitas enzim α -amilase pada kecambah kedelai putih utuh dengan lama pemaparan medan magnet 0 menit tidak menunjukkan perbedaan yang berarti pada setiap waktu pengukuran. Aktivitas enzim α -amilase paling tinggi ditemukan pada kecambah kedelai dari kelompok kontrol setelah 12 jam perkecambahan dan yang paling rendah ditemukan pada kontrol setelah 7 hari perkecambahan (Gambar 1).

Pada kecambah kacang hijau tanpa diberi perlakuan, aktivitas enzim α -amilase tidak menunjukkan perbedaan yang jelas. Naik turunnya nilai aktivitas enzim α -amilase dalam setiap pengukuran tidak terlalu berbeda. Kecambah kacang hijau yang diberi perlakuan medan magnet menunjukkan dinamika perubahan aktivitas yang jauh lebih jelas dibandingkan dengan kontrol. Semakin lama biji diberi pemaparan medan magnet, dinamika aktivitas enzim α -amilasenya akan semakin jelas (Gambar 2).



Gambar 1. Pengaruh lama paparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kecambah utuh kedelai putih (kotiledon dan hipokotil) pada umur kecambah yang berbeda.



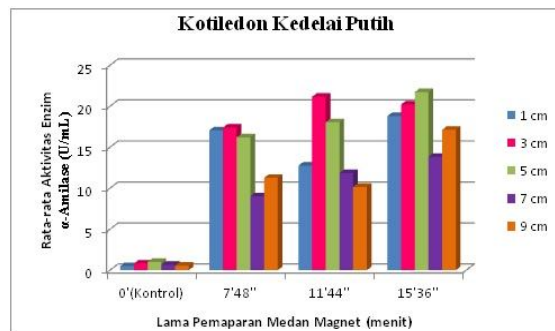
Gambar 2. Pengaruh lama paparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kecambah utuh kacang hijau pada umur kecambah yang berbeda.

Sama dengan hasil pada kedelai, nilai aktivitas enzim α -amilase paling tinggi diperoleh dari kecambah kacang hijau utuh tanpa perlakuan setelah 12 jam perkecambahan dan yang paling rendah diperoleh dari kecambah kedelai putih utuh setelah 7 hari perkecambahan (Gambar 1 dan 2).

Tingginya aktivitas α -amilase kecambah kedelai dan kacang hijau dari kontrol setelah 12 jam sejalan dengan adanya peningkatan kandungan air dalam biji yang diperlukan untuk aktivasi enzim dan diikuti dengan peningkatan respirasi. Setyono (1982) menjelaskan bahwa pada permulaan proses perkecambahan yaitu 6 jam setelah perkecambahan, berlangsung induksi aktivitas giberellic acid (GA) untuk mensintesis enzim α -amilase. Setelah 12-18 jam perkecambahan, enzim α -amilase kemudian aktif menguraikan cadangan makanan pati dalam biji, amilosa dan amilopektin menjadi senyawa karbohidrat sederhana, glukosa, yang digunakan sebagai sumber energi maupun untuk membentuk senyawa-senyawa biomolekul lainnya yang diperlukan untuk pertumbuhan kecambah. Gambar 1

dan 2 menunjukkan bahwa aktivitas α -amilase kecambah utuh kedelai maupun kacang hijau setelah 12 jam perkecambahan meningkat jauh lebih tinggi daripada kecambah dari perlakuan kontrol. Peranan medan magnet terhadap peningkatan potensial air (Agustrina, 2008) adalah dalam peningkatan aktivitas enzim ini. Medan magnet dapat memutuskan ikatan hidrogen dalam air (Ronyus, 2005) sehingga akah lebih banyak molekul-molekul air bebas dan potensial air serta daya hidrasinya meningkat Apabila potensial air meningkat maka semakin cepat air menghidrasi dinding benih (Prawitasari, 2006).

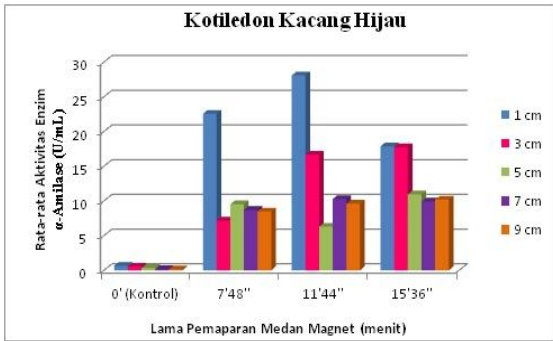
Lama paparan medan magnet terhadap aktivitas α -amilase kotiledon kecambah kedelai putih menunjukkan bahwa aktivitas α -amilase yang paling tinggi diperoleh dari kotiledon kecambah pada saat tinggi hipokotilnya mencapai 5 cm dengan lama paparan medan magnet 15 menit 36 detik, sedangkan aktivitas enzim terendah diperoleh dari kotiledon kecambah pada saat hipokotilnya mencapai 1 cm tanpa perlakuan paparan medan magnet (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh lama paparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kotiledon kecambah kedelai putih dengan tinggi hipokotil yang berbeda.

Pengaruh lama paparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kotiledon kecambah kacang hijau menunjukkan bahwa aktivitas α -amilase yang paling tinggi diperoleh dari kotiledon kecambah pada saat hipokotilnya mencapai 1 cm dengan lama paparan medan magnet 11 menit 44 detik dan aktivitas enzim terendah diperoleh dari kotiledon kecambah pada saat hipokotilnya mencapai 9 cm dengan tanpa perlakuan medan magnet.

Aktivitas α -amilase kotiledon kacang hijau, menunjukkan perbedaan yang lebih jelas selama perkecambahan dari perlakuan lama paparan medan magnet 11 menit 44 detik (Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh lama pemaparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kotiledon kecambah kacang hijau dengan tinggi hipokotil yang berbeda.

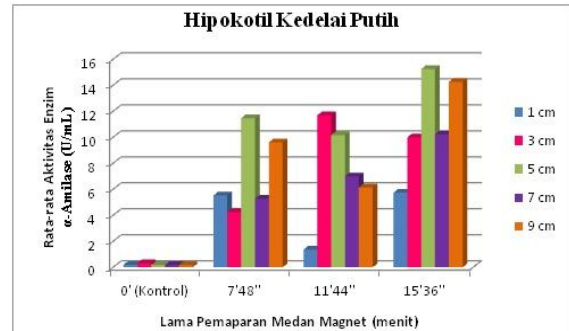
Dari hasil penelitian didapat bahwa aktivitas enzim α -amilase pada kecambah kedelai putih dan kacang hijau selama pengukuran berfluktuasi. Data tersebut memberikan dugaan bahwa dalam setiap fase umur kecambah, jumlah glukosa yang diperlukan untuk proses perkecambahan berbeda. Setyono (1982) menyatakan bahwa aktivitas enzim akan naik secara stabil pada hari ketiga namun akan menurun pada hari keempat dan kelima perkecambahan. Pendapat ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada kedelai putih dan kacang hijau aktivitas enzim α -amilase pada semua perlakuan pemaparan medan magnet, rata-rata menunjukkan penurunan pada hari keempat, namun kembali meningkat pada hari kelima kemudian menurun kembali pada hari keenam dan ketujuh.

Lama pemaparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase yang diukur berdasarkan panjang hipokotil kecambah kedelai putih menunjukkan bahwa aktivitas enzim α -amilase hipokotil yang paling tinggi terdapat saat hipokotil mencapai 5 cm dengan lama pemaparan medan magnet 15 menit 36 detik sedangkan aktivitas enzim terendah diperoleh dari hipokotil kecambah pada saat hipokotilnya mencapai 5 cm tanpa perlakuan pemaparan (Gambar 5).

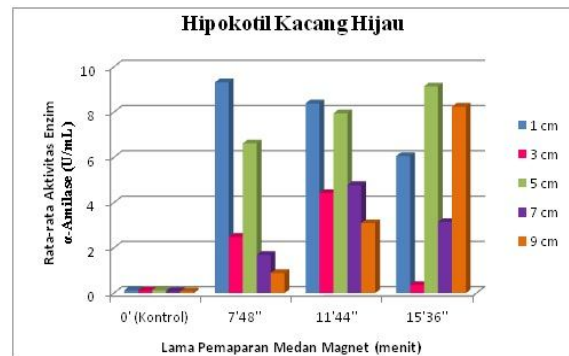
Pemaparan medan magnet selama 15 menit 36 detik juga memberikan fluktuasi aktivitas enzim α -amilase yang sangat jelas pada hipokotil kecambah kedelai putih selama 7 hari perkecambahan (Gambar 5).

Pemaparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase yang diukur berdasarkan tinggi hipokotil kecambah kacang hijau menunjukkan bahwa aktivitas enzim α -amilase yang paling tinggi terdapat saat tinggi hipokotil mencapai 1 cm dengan lama pemaparan medan magnet 7 menit

48 detik dan aktivitas enzim α -amilase hipokotil terendah terdapat pada saat tingginya mencapai 9 cm tanpa perlakuan pemaparan medan magnet (kontrol). Untuk hipokotil kecambah kacang hijau, fluktuasi aktivitas enzim α -amilase yang paling tajam diperoleh dari perlakuan lama pemaparan medan magnet 7 menit 48 detik dan 15 menit 36 detik (Gambar 6).



Gambar 5. Pengaruh lama pemaparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase hipokotil kecambah kedelai putih dengan tinggi hipokotil yang berbeda.

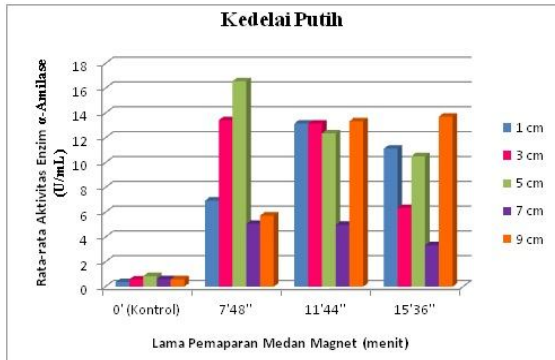


Gambar 6. Pengaruh lama pemaparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase hipokotil kecambah kacang hijau dengan tinggi hipokotil yang berbeda.

Nilai aktivitas enzim α -amilase yang berfluktuasi ini diduga karena perbedaan kecepatan proses perkecambahan antar spesies tanaman dan juga karena kandungan nutrisi awal, terutama banyaknya amilum dan protein terlarut, sehingga kerja enzim α -amilase yang berlangsung dalam setiap jenis tidak sama. Dugaan ini didukung oleh pendapat Suarni dan Patong (2007) yang menjelaskan bahwa terdapat korelasi antara peningkatan aktivitas enzim α -amilase dengan penurunan konsentrasi protein terlarut dalam setiap perlakuan. Perbedaan konsentrasi protein terlarut dalam ekstrak enzim diduga berasal dari kadar protein awal kecambah.

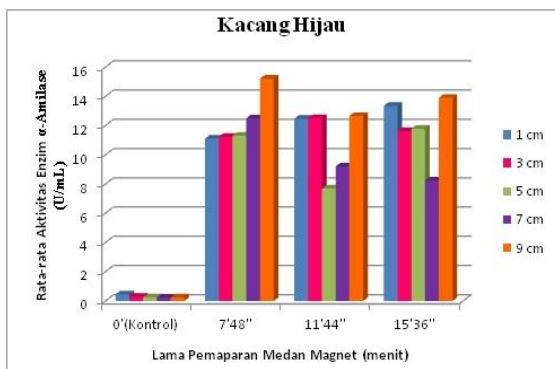
Lama pemaparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kecambah utuh kedelai putih menunjukkan bahwa aktivitas enzim α -amilase

kecambah utuh yang paling tinggi diperoleh pada saat hipokotilnya mencapai 1 cm dengan lama paparan medan magnet 15 menit 36 detik dan aktivitas enzim α -amilase kecambah utuh terendah diperoleh pada saat hipokotilnya mencapai 1 cm tanpa perlakuan (Gambar 7).



Gambar 7. Pengaruh lama paparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kecambah kedelai putih utuh dengan tinggi hipokotil yang berbeda.

Lama paparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kecambah utuh kacang hijau menunjukkan bahwa aktivitas enzim α -amilase kecambah utuh yang paling tinggi terdapat saat hipokotilnya mencapai 9 cm dengan lama paparan medan magnet 7 menit 48 detik dan aktivitas enzim α -amilase kecambah utuh terendah terdapat pada saat hipokotilnya mencapai 7 cm tanpa perlakuan lama paparan medan magnet (Gambar 8).



Gambar 8. Pengaruh lama paparan medan magnet terhadap aktivitas enzim α -amilase kecambah kacang hijau utuh (kotiledon dan hipokotil) dengan tinggi hipokotil yang berbeda.

Biji yang lebih cepat berkecambah adalah yang diberi paparan medan magnet 15 menit 36 detik dengan kuat medan magnet 0,1 mT. Kecambah biji kedelai putih dan kacang hijau yang diberi paparan medan magnet 15 menit 36 detik juga mengalami pertumbuhan yang lebih pesat dibandingkan dengan kecambah dari perlakuan paparan medan magnet lainnya. Lama paparan

medan magnet 0,1 mT selama 15 menit 36 detik diduga lebih efektif dalam memutuskan ikatan hidrogen antar molekul air sehingga tingkat velositas dan potensial airnya tinggi akibatnya air yang terserap saat imbibisi biji lebih banyak sehingga sel-sel pun lebih besar. Banyaknya air yang diserap memudahkan tumbuhan dalam mentransport hasil perombakan amilum ke daerah pertumbuhan di embrio saat perkecambahan. Dugaan ini sejalan dengan hasil kajian Aladjadjian dan Ylieva (2003) yang menunjukkan bahwa pemberian kuat medan magnet secara tepat dapat mempercepat pertumbuhan tanaman. Namun, respon yang ditimbulkan berbeda tergantung pada lama paparan, jenis, dan umur tumbuhan tersebut (Putra, 2003, Esitken dan Turan 2004, dan Fahmi 2006).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perlakuan paparan medan magnet dengan kuat medan magnet 0,1 mT dengan lama paparan yang berbeda mempengaruhi perkecambahan tanaman legum dan aktivitas enzim α -amilase dalam biji serta kecambah tanaman legum. Lama paparan medan magnet yang baik untuk mempercepat perkecambahan kecambah legum yaitu 11 menit 44 detik dan 15 menit 36 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustrina, R. 2008. *Perkecambahan dan Pertumbuhan Kecambah Leguminosae Dibawah Pengaruh Medan Magnet*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Universitas Lampung.
- Aladjadjian, A. dan T. Ylieve. 2003. Influence of Stationary Magnetic Field on the Early Stages of Development of Tobacco Seeds (*Nicotiana tabacum* L.). *Journal Central European Agriculture*. 4 (2): 131-137.
- Belyavskaya, N.A. 2004. *Biological effect due to weak magnetic field on plants*. *Adv. Space Res.*, 34.
- Chionna A, et al. 2003. Cell shape and plasma membrane alterations after static magnetic fields exposure. *Eur J histochem* 47 (4): 299-308.
- Esitken, A dan M. Turan. 2004. Alternating magnetic field effect on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria xananasa* cv. Camarosa). *Acta Agriculture Scandinavia*, B, 54 (3). 135-139.
- Fahmi, 2005. *Laju Pertumbuhan dan Penyerapan Unsur Fe dan N pada Kecambah Kedelai (Glycine max L. Merr) yang Dipengaruhi oleh*

- Perlakuan Kuat Medan Magnet yang Berbeda.* (Skripsi). FMIPA Universitas Lampung.
- Herawati, V. 2008. *Fisiologi dan Anatomi Daun Cocor Bebek (Kalanchoe pinnata Pers.) di sekitar medan Magnet* (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Nagy, I.I., Georgescu, R., Balaceanu, L., dan Germene, S. Effect of Pulsed Variable Magnetic Field Over Plant Seed. <http://www.biophysicsnet.ro/rjb/articles/140/iinag/pdf>. 26 April 2012, pukul 16.45 WIB.
- Penuelas, J., J. Llusia, B. Martinez, and J. Fontcuberta. 2004. Diamagnetic Susceptibility and Root Growth Responses to Magnetic Fields in *Lens culinaris*, *Glycine soja*, and *Triticum aestivum*. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 23, (2): 97–112.
- Prawitasari, T. 2006. *Teknik Persemaian yang Efektif*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Putra, Y. 2003. *Observasi Perkecambahan dan Pertumbuhan Kecambah Biji Kacang Hijau (Vigna radiata Linn.) di Dalam Medan Magnet*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Reitz, J.R., Mildford, F.J. dan Cristy, R.W. 1994. *Dasar-dasar Teori Listrik Magnet*. (terjemahan) Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Roniyus, M.S. 2005. *Pertumbuhan dan Perkembangan Cocor Bebek (Kalanchoe pinnata Pers.) Di Sekitar Medan Listrik, Medan Magnet dan Gelombang Elektromagnetik. Laporan Penelitian Proyek Pengembangan Diri*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Saragih, H., Tobing, J., Silaban, O. 2010. Meningkatkan Laju Pengecambahan dan Laju Pertumbuhan Kecambah Kedelai Dengan Berbantuan Medan Magnetik Statik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika. Universitas Advent Indonesia*. Bandung.
- Sari, E N. 2011. *Pengaruh Perendaman dan Lama Pemaparan Medan Magnet Terhadap Indeks Mitosis Ujung Akar Kecambah dan Anatomi Tanaman Tomat (Lycopersicum esculentum Mill.)*. Skripsi. Jurusan Biologi. MIPA. Universitas Lampung. Lampung.
- Sari, L D A. 2004. *Hubungan Aktivitas Enzim Amilase Dengan Perkecambahan Pada Tiga Varietas Kedelai (Glycine max (L) Merrill.) yang Berbeda*. Skripsi. Jurusan Biologi. MIPA. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Setyono, A. 1982. *Apek Penambahan Asam Fitat dalam Kacang Hijau Selama Perkecambahan*. Tesis. Pascasarjana UGM. Yogyakarta. hal 54-59
- Suarni dan Patong, R. 2007. Potency of Mung Bean Sprout as Enzyme Source (α -Amilase). *Indo. J. Chem., 2007, 7 (3): 332-336*
- Suhari, M. 2001. *Isolasi dan Karakterisasi Enzim Amilase dari Ubi Jalar (Ipomea batatas)*. Skripsi. Jurusan Kimia. MIPA. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Skoog, D.A and D.M. West. 1971. *Principles of Instrumental Analysis*. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.
- Telford, W.M.M, W. M. Telford, R. E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics*. Second edition. Cambridge University Press.