



Sertifikat

DIBERIKAN KEPADA

Prof. Dr. Maman Suryaman, M.S.

SEBAGAI

PEMAKALAH

Pada Seminar Nasional dan Pra Loknas FKPTPI 18 April 2018

“Peran Keaneekaragaman Hayati dalam Mendukung Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia”
dalam rangka Dies Natalis ke - 42 UNS

Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret

Dekan Fakultas Pertanian UNS



Prof. Dr. Ir. Bambang Pujiastanto, M.S.
NIP. 19560225 1986011001

Ketua Panitia



Dr. Dyahningtyas Padmaningrum, SP., M.Si.
NIP. 197209151997022001

“Peran Keanekaragaman Hayati untuk Mendukung Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia”

Pelapisan Benih menggunakan Antioksidan untuk Mempertahankan Mutu Benih Kedelai di Penyimpanan

Maman Suryaman¹⁾ dan Darul Zumani²⁾

*^{1,2)} Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi
Jl. Siliwangi No 24 Tasikmalaya 46115 .Jawa Barat*

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh pelapisan benih dengan senyawa antioksidan dalam mempertahankan mutu benih kedelai selama di penyimpanan. Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok, dengan tujuh taraf perlakuan pelapisan benih dengan pemberian senyawa antioksidan yaitu : Tanpa pelapisan (p0), pelapisan gum arab (p1), pelapisan gum arab + tokoferol 400 ppm (p2), pelapisan gum arab + tokoferol 800 ppm (p3), pelapisan gum arab + asam askorbat 300 ppm (p4), pelapisan gum arab + asam askorbat 600 ppm (p5), pelapisan gum arab + ekstrak kulit manggis (p6). Benih yang dicoba adalah benih yang sudah disimpan 0, 1, 2 dan 3 bulan. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, hasil pengamatan diuji dengan uji F yang dilanjutkan dengan uji Duncan. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa perlakuan pelapisan benih menggunakan formulasi gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak manggis berpengaruh baik dalam mempertahankan mutu benih kedelai di penyimpanan. Ekstrak kulit manggis berpotensi baik untuk dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan dalam pelapisan benih.

Kata kunci : antioksidan, pelapisan benih, penyimpanan.

Pendahuluan

Di lingkungan tropis seperti Indonesia, selain potensial memiliki keanekaragaman hayati, juga berpotensi menimbulkan masalah pada kegiatan pasca panen, seperti penyimpanan. Salah satu faktor pembatas penyediaan benih kedelai di Indonesia adalah kemunduran benih yang berlangsung cepat selama penyimpanan sehingga mengurangi ketersediaan benih bermutu tinggi. Kemunduran benih adalah proses bertahap yang diikuti oleh terakumulasinya metabolit beracun yang makin lama semakin menekan daya berkecambah dan pertumbuhan kecambah. Kemunduran benih akan terjadi semakin cepat dikarenakan denaturasi protein akibat proses oksidasi lemak. Proses yang terjadi selama penyimpanan dapat memutuskan ikatan rangkap asam lemak tak jenuh sehingga menghasilkan radikal-radikal bebas yang dapat bereaksi dengan lipida lainnya. Hal ini yang menyebabkan rusaknya struktur membran sel (Justice dan Bass 2002). Akumulasi radikal bebas menyebabkan kerusakan membran yang mengakibatkan terjadinya kebocoran elektrolit,

sehingga berpotensi menurunkan vigor benih (Bewley dan Black, 1986).

Benih bermutu tinggi dapat dicirikan dari vigor yang tinggi (Ilyas 2012). Menurut Sadjad dkk., (1999), vigor benih adalah kemampuan benih tumbuh normal dalam keadaan lapang suboptimum. Secara umum, vigor benih dibagi menjadi dua kategori, yaitu vigor kekuatan tumbuh dan vigor daya simpan. Vigor kekuatan tumbuh mengindikasikan vigor benih pada kondisi alam suboptimum, sedangkan vigor daya simpan adalah kemampuan benih untuk disimpan dalam kondisi suboptimum.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan mutu (vigor) benih selama penyimpanan adalah dengan teknologi pelapisan benih (*seed coating*) menggunakan zat tertentu seperti zat pengatur tumbuh, zat hara mikro, mikroba, fungisida ataupun antioksidan. Pelapisan benih dengan antioksidan dapat mencegah peroksidasi lipid dalam membran dengan bertindak sebagai penghalang fisik bagi aktivitas lipoxygenase sepanjang daerah lemak tak jenuh (Priestley, 1986).

Mekanisme kerja antioksidan terkait dengan struktur molekulnya yang dapat memberikan elektronnya kepada molekul radikal bebas, sehingga dapat memutus reaksi berantai dari radikal bebas (Sayuti dan Yenrina, 2015). Kandungan lipid peroksida dan radikal bebas di dalam benih merupakan salah satu indikasi kemunduran benih karena keberadaannya dapat merusak integritas membran sehingga benih kehilangan viabilitas dan vigor selama penyimpanan (Copeland dan Mc Donald, 2001).

Polimer untuk pelapis benih idealnya memiliki karakter sebagai berikut: (1) *water-based polymer*, (2) nilai viskositas yang rendah, (3) memiliki konsentrasi yang tinggi pada saat padat, (4) memiliki pengaturan keseimbangan antara hidrofilik dengan hidrofobik, (5) membentuk lapisan tipis keras selama pengeringan (Copeland dan Mc Donald, 2001). Selain itu, bahan pelapisan yang digunakan tidak bersifat *toxic* terhadap benih, mudah pecah dan larut apabila terkena air sehingga tidak menghambat proses perkecambahan (Kuswanto, 2003).

Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh pelapisan benih dengan senyawa antioksidan dalam mempertahankan mutu benih kedelai selama di penyimpanan. Bertujuan untuk mendapatkan formulasi pelapisan yang dapat mempertahankan vigor benih.

Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Benih Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi Tasikmalaya, pada bulan Maret 2017. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: benih kedelai, gum arab, dan antioksidan yaitu asam askorbat, tokoferol dan ekstrak kulit manggis. Alat-alat yang digunakan adalah : mesin *seed coating*, germinator, *conductivity meter*, oven, neraca digital, plastik polipropilen, *sealer*.

Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), terdiri dari tujuh

taraf perlakuan pelapisan benih dengan pemberian senyawa antioksidan yaitu : Tanpa pelapisan (p0), pelapisan gum arab (p1), pelapisan gum arab + tokoferol 400 ppm (p2), pelapisan gum arab + tokoferol 800 ppm (p3), pelapisan gum arab + asam askorbat 300 ppm (p4), pelapisan gum arab + asam askorbat 600 ppm (p5), pelapisan gum arab + ekstrak kulit manggis 10 % (p6). Benih yang dicoba adalah benih yang telah disimpan ; 0 bulan , 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan pengamatan terhadap parameter-parameter sebagai berikut : 1) Daya Hantar Listrik ($\mu\text{s}/\text{cm}/\text{g}$), 2) Kecepatan Tumbuh ($\% \text{ etmal}^{-1}$), 3) Daya Berkecambah (%), 4) Indeks Vigor (%), 5) Panjang akar (cm), 6) Bobot Kering Kecambah Normal (g).

Hasil dan Pembahasan

1. Daya Hantar Listrik.

Berdasarkan analisis statistik pemberian antioksidan pada perlakuan pelapisan benih kedelai berpengaruh terhadap daya hantar listrik. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa perlakuan pelapisan benih dengan formulasi gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak kulit manggis memberikan hasil yang paling baik, hal ditunjukkan dengan nilai daya hantar listrik yang rendah yang berarti tingkat kerusakan membran sel benih rendah. Selama penyimpanan terjadi proses oksidasi yang dapat memutuskan ikatan rangkap asam lemak tak jenuh sehingga menghasilkan radikal-radikal bebas yang bereaksi dengan lipid lainnya yang menyebabkan integritas membran sel rusak (Bailly *et al.*, 2000). Asam askorbat dan ekstrak kulit manggis sebagai antioksidan dapat berperan dalam mencegah terbentuknya radikal bebas yang diproduksi melalui proses autooksidasi dan peroksidasi lemak selama penyimpanan, hal ini dapat ditunjukkan dengan rendahnya daya hantar listrik pada periode simpan benih tiga bulan dibandingkan dengan kontrol.

Tabel 1. Pengaruh pemberian antioksidan pada pelapisan benih kedelai terhadap daya hantar listrik (μs).

Formulasi Pelapisan	Periode Simpan (Bulan)			
	0	1	2	3
Tanpa pelapisan	172,9 b	270,5 b	402,4 bc	423,6 d
Gum arab gum	139,9 a	227,2 a	374,7 b	400,6 cd
Gum arab + Tokoferol 200 ppm	174,1 b	319,0 c	416,4 c	417,8 d
Gum arab + Tokoferol 400 ppm	197,9 c	271,7 b	410,7 c	413,8 d
Gum arab + As. Askorbat 300 ppm	140,1 a	210,5 a	330,7 a	370,3 bc
Gum arab + As. Askorbat 600 ppm	155,9 ab	207,7 a	295,4 a	351,3 ab
Gum arab + Ekstrak kulit Manggis 10%	142,9 a	221,5 a	309,7 a	334,1 a

Keterangan : Harga rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 0.05

2. Kecepatan Tumbuh

Berdasarkan analisis statistik pemberian antioksidan pada perlakuan pelapisan benih kedelai berpengaruh terhadap kecepatan tumbuh. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa perlakuan pelapisan benih dengan gum arab + asam askorbat memberikan hasil yang paling baik terhadap kecepatan berkecambah benih dan keadaan ini terpelihara meskipun benih sudah disimpan selama dua bulan. Hal ini karena asam askorbat sebagai antioksidan dapat membatasi oksidasi lipid non enzimatis selama penyimpanan. Asam askorbat merupakan suatu antioksidan yang memegang peranan penting dalam aktivitas fisiologi dan mekanisme pertahanan tanaman yang diakibatkan oleh meningkatnya radikal bebas (ROS) (Sharma *et al.*, 2012). Sattler *et al.* (2004) melaporkan berdasarkan penelitiannya bahwa antioksidan dapat membatasi oksidasi lipid non enzimatis selama penyimpanan, perkecambahan, dan perkembangan awal bibit. Senyawa antioksidan bekerja sebagai *scavenger* radikal bebas oksigen, peroksidasi lipid dan oksigen singlet. Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menangkal atau meredam dampak negatif dari radikal bebas dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan sehingga aktivitas senyawa tersebut dapat dihambat (Sayuti dan Yenrina, 2015).

Tabel 2. Pengaruh pemberian antioksidan pada pelapisan benih kedelai terhadap kecepatan tumbuh (%/etmal).

Formulasi Pelapisan	Periode Simpan(Bulan)			
	0	1	2	3
Tanpa pelapisan	8,66 b	7,41 ab	7,97 a	7,32 a
Gum arab	9,44 c	8,06 b	8,52 ab	7,71 a
Gum arab + Tokoferol 200 ppm	7,53 a	6,26 a	7,71 a	7,38 a
Gum arab + Tokoferol 400 ppm	7,88 a	6,30 a	7,67 a	8,13 a
Gum arab + As. Askorbat 300 ppm	9,08 bc	8,35 b	9,16 b	8,47 a
Gum arab + As. Askorbat 600 ppm	8,82 bc	7,96 b	8,91 b	8,65 a
Gum arab + Ekstrak kulit Manggis 10%	8,72 b	8,18 b	8,60 ab	8,45 a

Keterangan : Harga rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 0.05

3. Daya Berkecambah

Berdasarkan analisis statistik pemberian antioksidan pada perlakuan pelapisan benih kedelai berpengaruh terhadap daya berkecambah. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa perlakuan pelapisan benih menggunakan gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak kulit manggis meningkatkan daya berkecambah secara nyata dibandingkan tanpa perlakuan pelapisan walaupun benih sudah disimpan selama tiga bulan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pelapisan benih dengan gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak manggis dapat menghambat laju

kemunduran benih akibat terbentuknya radikal bebas. Justice dan Bass (2002) menjelaskan selama benih mengalami penyimpanan, proses oksidasi yang terjadi dapat memutuskan ikatan rangkap asam lemak tak jenuh sehingga menghasilkan radikal-radikal bebas yang dapat bereaksi dengan lipida lainnya. Menurut Bewley dan Black (1986) akumulasi radikal bebas menyebabkan kerusakan membran yang mengakibatkan terjadinya kebocoran elektrolit, sehingga berpotensi menurunkan viabilitas benih. Hal ini sesuai dengan hasil uji daya hantar listrik dimana perlakuan pelapisan benih menggunakan gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak manggis menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan tanpa pelapisan benih, yang berarti tingkat kerusakan membran sel oleh radikal bebas rendah.

Tabel 3. Pengaruh pemberian antioksidan pada pelapisan benih kedelai terhadap daya berkecambah (%).

Formulasi Pelapisan	Periode Simpan (Bulan)			
	0	1	2	3
Tanpa pelapisan	91,25 a	87,50 ab	97,50 a	87,50 ab
Gum arab	98,75 b	98,75 c	98,75 a	88,75 ab
Gum arab + Tokoferol 200 ppm	88,75 a	75,00 a	95,00 a	85,00 a
Gum arab + Tokoferol 400 ppm	90,00 a	80,00 ab	92,50 a	93,75 abc
Gum arab + As. Askorbat 300 ppm	93,75 a	93,75 bc	97,50 a	97,50 bc
Gum arab + As. Askorbat 600 ppm	91,25 a	87,50 ab	96,25 a	97,50 c
Gum arab + Ekstrak kulit Manggis 10%	91,25 a	90,00 ab	98,75 a	97,50 c

Keterangan : Harga rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 0.05

4. Indeks Vigor

Berdasarkan analisis statistik pemberian antioksidan pada perlakuan pelapisan benih kedelai berpengaruh terhadap indeks vigor (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh pemberian antioksidan pada pelapisan benih kedelai terhadap indeks vigor (%).

Formulasi Pelapisan	Periode Simpan (Bulan)			
	0	1	2	3
Tanpa pelapisan	86,25 ab	85,00 abc	87,50 b	76,25 a
Gum arab	96,25 c	97,50 c	87,50 b	80,00 ab
Gum arab + Tokoferol 200 ppm	75,00 a	71,25 a	75,00 a	75,00 a
Gum arab + Tokoferol 400 ppm	78,75 a	73,75 a	82,50 ab	86,25 abc
Gum arab + As. Askorbat 300 ppm	91,25 bc	91,25 bc	95,00 c	91,25 c
Gum arab + As. Askorbat 600 ppm	86,25 ab	81,25 ab	91,25 bc	92,50 c
Gum arab + Ekstrak kulit Manggis 10%	85,00 ab	88,75 abc	90,00 bc	88,75 bc

Keterangan : Harga rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 0.05

Pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa perlakuan pelapisan benih menggunakan gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak manggis memberikan indeks vigor yang baik dibandingkan tanpa pelapisan pada benih yang sudah disimpan selama tiga bulan. Pemberian asam askorbat sebagai antioksidan ditujukan untuk menangkal/menangkap ROS yang dapat merusak lemak dan membran sel, sehingga dampak merugikan akibat radikal bebas tersebut dapat dicegah serta benih mempunyai vigor yang baik (Akram *et al.*, 2017). Di lain pihak, komponen utama ekstrak kulit manggis menunjukkan aktivitas antioksidan yang tinggi dan secara signifikan mengurangi kerusakan oksidatif protein, serta diduga bahwa hal tersebut diakibatkan kemampuannya untuk menetralkan ROS (Suthammarak *et al.*, 2016). Kondisi ini mengindikasikan bahwa perlakuan pelapisan benih menggunakan gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak manggis dapat memperlambat laju kemunduran benih, sehingga benih tetap mempunyai vigor yang tinggi.

5. Panjang Akar

Berdasarkan analisis statistik pemberian antioksidan pada perlakuan pelapisan benih kedelai berpengaruh terhadap panjang akar pada benih yang telah disimpan selama 2 dan 3 bulan (Tabel 5). Pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa perlakuan pelapisan benih menggunakan gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak manggis 10% menyebabkan akar lebih panjang dibandingkan tanpa perlakuan pelapisan pada benih yang sudah disimpan selama tiga bulan. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan pelapisan benih menggunakan gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak manggis dapat mempertahankan viabilitas benih, yang sejalan dengan parameter daya berkecambah dan indeks vigor yang menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan tanpa pelapisan benih dan ditunjang oleh hasil pengukuran daya hantar listrik yang lebih rendah dibandingkan tanpa pelapisan benih walaupun benih telah disimpan selama tiga bulan.

Tabel 5. Pengaruh pemberian antioksidan pada pelapisan benih kedelai terhadap panjang akar (cm)

Formulasi Pelapisan	Periode Simpan (Bulan)			
	0	1	2	3
Tanpa pelapisan	4,47 b	4,57 a	4,70 abc	5,40 a
Gum arab	6,09 c	4,75 a	4,28 ab	5,81 ab
Gum arab + Tokoferol 200 ppm	3,59 a	3,25 a	3,95 a	5,43 a
Gum arab + Tokoferol 400 ppm	3,41 a	3,56 a	4,00 a	6,00 abc
Gum arab + As. Askorbat 300 ppm	6,19 c	4,87 a	5,45 c	6,21 abc
Gum arab + As. Askorbat 600 ppm	4,73 b	4,40 a	5,04 bc	6,44 bc
Gum arab + Ekstrak kulit Manggis 10%	5,02 b	4,30 a	5,01 bc	6,70 c

Keterangan : Harga rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda

Duncan pada taraf 0.05

6. Bobot Kering Kecambah Normal

Berdasarkan analisis statistik pemberian antioksidan pada perlakuan pelapisan benih kedelai berpengaruh terhadap bobot kering kecambah normal pada benih yang telah disimpan 0, 1 dan 3 bulan (Tabel 6). Pada Tabel 6, dapat dilihat bahwa perlakuan pelapisan benih menggunakan gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak manggis memberikan bobot kering kecambah yang lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan pelapisan pada benih yang sudah disimpan selama tiga bulan, hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan pelapisan benih menggunakan formulasi tersebut dapat mempertahankan viabilitas benih, sehingga benih dapat berkecambah tumbuh dan berkembang dengan baik. Kondisi tersebut sejalan dengan parameter daya berkecambah dan indeks vigor dan panjang akar yang menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan tanpa pelapisan benih serta ditunjang oleh hasil pengukuran daya hantar listrik yang lebih rendah dibandingkan tanpa perlakuan pelapisan benih walaupun benih telah disimpan selama tiga bulan.

Tabel 6. Pengaruh pemberian antioksidan pada pelapisan benih kedelai terhadap bobot kering kecambah normal (g).

Formulasi Pelapisan	Periode Simpan (Bulan)			
	0	1	2	3
Tanpa pelapisan	0,33 a	0,29 b	0,31 a	0,34 a
Gum arab	0,41 c	0,31 b	0,31 a	0,33 a
Gum arab + Tokoferol 200 ppm	0,30 a	0,22 a	0,28 a	0,37 ab
Gum arab + Tokoferol 400 ppm	0,30 a	0,21 a	0,27 a	0,38 ab
Gum arab + As. Askorbat 300 ppm	0,40 bc	0,29 b	0,32 a	0,42 b
Gum arab + As. Askorbat 600 ppm	0,34 ab	0,28 b	0,32 a	0,43 b
Gum arab + Ekstrak kulit Manggis 10%	0,36 abc	0,31 b	0,31 a	0,43 b

Keterangan : Harga rata-rata yang dikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 0.05

Kesimpulan dan Saran

Perlakuan pelapisan benih menggunakan formulasi gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak kulit manggis berpengaruh baik terhadap vigor benih kedelai.

Perlakuan pelapisan benih menggunakan formulasi gum arab + asam askorbat dan gum arab + ekstrak kulit manggis dapat mempertahankan mutu benih kedelai di penyimpanan.

Ekstrak kulit manggis berpotensi baik untuk dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan dalam pelapisan benih.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Siliwangi atas bantuan dana yang diberikan untuk kegiatan penelitian ini.

Daftar pustaka

- Akram, N.A., F. Shafiq, and M. Ashraf. 2017. Ascorbic Acid-A Potential Oxidant Scavenger and Its Role in Plant Development and Abiotic Stress Tolerance. *Frontiers in Plant Science* vol.8 article 613. Doi:10.3389/fpls.2017.00613
- Bailly C, A Benamar, F Corbineau, D Come, 2000. Antioxidant system in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming *Seed Sci Res*, 10 (2000), pp. 35-42
- Bewley JD. and Black M. 1986. *Seeds Physiology of Development and Germination*. Second Printing. New York: Plenum Press. 367 p.
- Copeland LO and Mc Donald MB. 2001. *Principle of Seed Science and Technology*. New York: Chapman and Hall. 408p.
- Ilyas S. 2012. *Ilmu dan Teknologi Benih: Teori dan Hasil-Hasil Penelitian*. Bogor: IPB Press. 138p.
- Justice LO, Bass LN. 2002. *Prinsip dan Praktek Penyimpanan Benih*. Roesli R, penerjemah. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada. 446p. Terjemahan dari *Principles and Practice of Seed Storage*.
- Kuswanto H. 2003. *Teknologi Pemrosesan, Pengemasan dan Penyimpanan Benih*. Jakarta: Kanisius.
- Priestley, D. A. 1986. *Seed Aging Implication for Seed Storage and Persistence in The Soil*. Comstock Publishing Associates. Ithaca dan London. 304 p
- Sadjad, S. Murniati, E. Ilyas, S. 1999. *Parameter Pegujian Vigor Benih dari Komparatif ke Simulatif*. Jakarta: Grasindo. 185 hal.
- Sadjad, S. 1994. *Kuantifikasi Metabolisme Benih*. Jakarta : Gramedia. 145 hlm.
- Sattler SE, Gililand LU, Lundback MM, Polard M, Dellapenna D. 2004. Vitamin E is essential for seed longevity and for preventing lipid peroxidation during germination. *The Plant Cell* 16: 1419-1432.
- Sayuti, K., dan R.Yenrina. 2015. *Antioksidan Alami dan Sintetik*. Andalas University Press. Padang.
- Sharma, P., A.B.Jha, R.S.Dubey, and M.Pessarakli. 2012. Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *Journal of Botany* vol 2012, 26p. Doi:10.1155/2012/217037.
- Suthammarak, W., P.Numpraphrut, R.Charoensakdi, N.Neungton, V.Tunrungruangtavee, N.Jaisupa, S.Charoensak, P.Moongkarndi, and W.Muangpaisan. 2016. Antioxidant-Enhancing Property of Polar Fraction of Mangosteen Pericarp Extract and Evaluation of Its Safety in Humans. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* Vol. 2016, Article ID 1293036. Doi:10.1155/2016/1293036.