

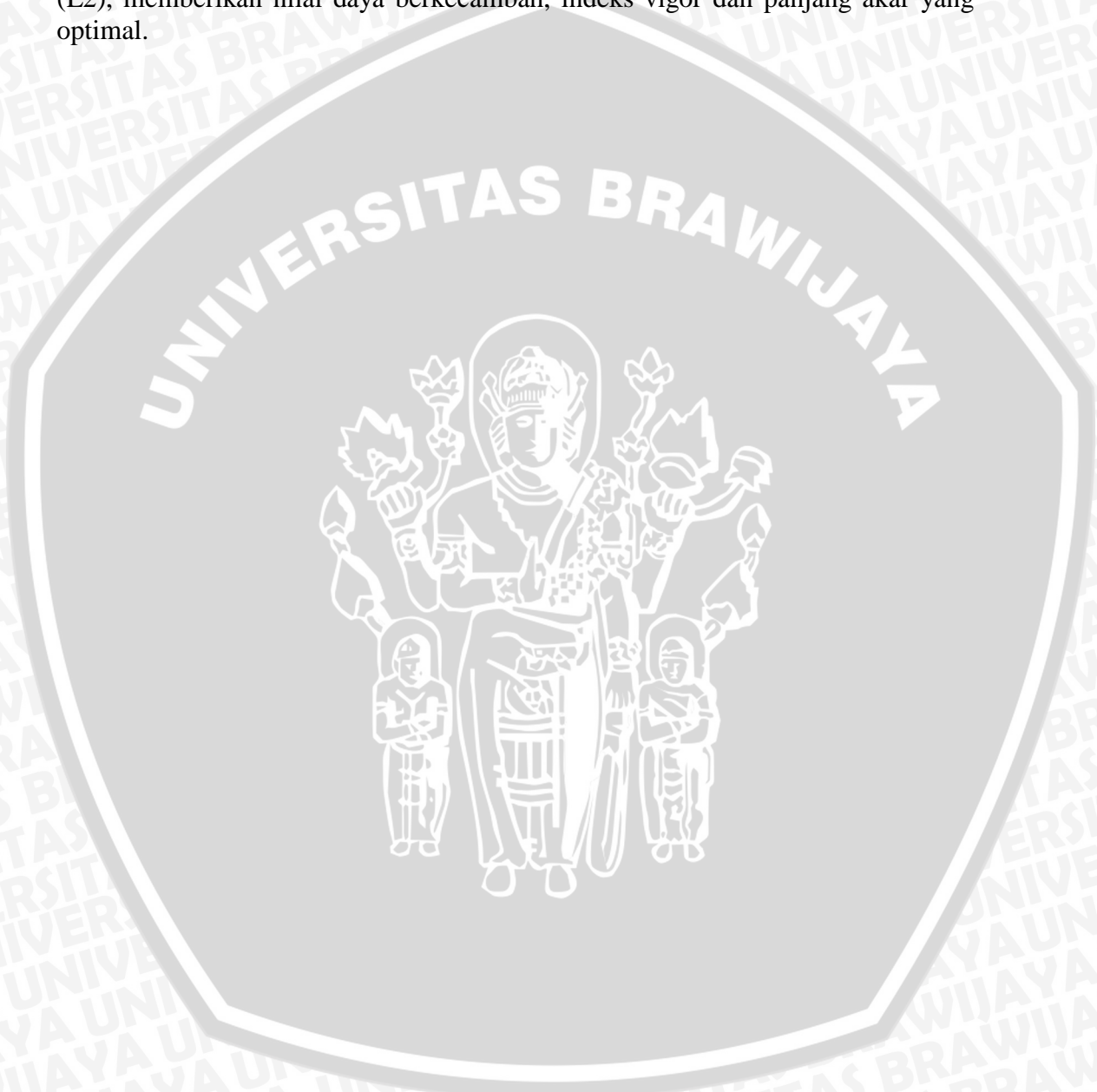
RINGKASAN

BAYU SUBEKTI YUANASARI. 125040209111002. Peningkatan Viabilitas Benih Kedelai Hitam (*Glycine max* L. Merr) Melalui Invigorasi *Osmoconditioning*. Di bawah bimbingan Dr. Darmawan Saptadi, SP., MP. sebagai pembimbing utama dan Niken Kendarini, SP., MSi. sebagai pembimbing pendamping.

Di Indonesia kedelai hitam dimanfaatkan sebagai bahan baku utama pembuatan kecap. Setiap tahun terjadi peningkatan konsumsi kecap di masyarakat. Untuk itu, produksi kedelai hitam perlu ditingkatkan dan salah satu upayanya adalah dengan penggunaan benih bermutu. Tetapi permasalahannya, benih kedelai hitam termasuk benih orthodox yang cepat mengalami kemunduran, terutama jika kondisi lingkungan simpan kurang menguntungkan. Solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu benih yang telah mengalami kemunduran ialah melalui invigorasi *osmoconditioning*. Invigorasi *osmoconditioning* merupakan perlakuan untuk meningkatkan viabilitas benih dengan cara mengatur laju imbibisi benih menggunakan larutan yang memiliki potensial osmotik yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perlakuan yang terbaik dari invigorasi *osmoconditioning* menggunakan PEG-6000. Hipotesis dalam penelitian ini ialah terdapat pengaruh lama perendaman, konsentrasi larutan PEG-6000 dan interaksinya, terhadap peningkatan viabilitas benih kedelai hitam yang telah mengalami kemunduran mutu.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, pada bulan Juni hingga Juli 2014. Alat yang digunakan meliputi Alat Pengecambah Benih (APB), timbangan analitik, pinset, penggaris, gelas ukur dan pipet. Bahan yang digunakan meliputi Benih kedelai hitam varietas Detam-2 (yang telah disimpan selama 22 bulan pada kondisi simpan terkendali), aquades, PEG-6000, plastik, label dan kertas stensil sebagai media tanam. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama ialah lama perendaman (L) dengan 3 taraf yaitu L1= 6 jam; L2= 12 jam dan L3= 18 jam. Faktor kedua ialah perlakuan invigorasi *osmoconditioning* (P) dengan 5 taraf yaitu P0= Perendaman dengan aquades; P1= perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 5%; P2= PEG-6000 konsentrasi 10%; P3= PEG-6000 konsentrasi 15% dan P4= PEG-6000 konsentrasi 20%. Percobaan ini diulang sebanyak empat kali, sehingga terdapat 60 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan, digunakan 50 butir benih. Perlakuan *osmoconditioning* dan aquades dilakukan dengan cara merendam benih pada suhu kamar ($\pm 28^{\circ}\text{C}$). Rasio antara benih dengan media *osmoconditioning* dan aquades adalah 1:5 (g mL^{-1}). Benih kedelai ditanam dengan metode UKDdp (Uji Kertas Digulung didirikan dalam plastik). Setiap satuan percobaan menggunakan 2 gulungan, tiap gulungan berisi 25 butir benih. Kemudian gulungan diletakkan di APB dan diamati. Pengamatan yang dilakukan meliputi daya berkecambah (DB), kecepatan tumbuh (K_{CT}), keserempakan tumbuh (K_{ST}), indeks vigor (IV), bobot kering kecambah normal (BKKN), panjang hipokotil dan panjang akar. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis ragam atau uji F. Apabila uji F menunjukkan pengaruh yang nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, interaksi perlakuan benih yang direndam selama 12 jam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% (L2P3), secara efektif menghasilkan nilai keserempakan tumbuh dan panjang hipokotil yang paling optimal. Pada faktor tunggal invigorasi *osmoconditioning*, penggunaan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% (P3), menghasilkan nilai daya berkecambah, kecepatan tumbuh dan bobot kering kecambah normal yang paling tinggi. Pada faktor tunggal lama perendaman, perendaman benih selama 12 jam (L2), memberikan nilai daya berkecambah, indeks vigor dan panjang akar yang optimal.



SUMMARY

BAYU SUBEKTI YUANASARI. 125040209111002. Enhancement Viability of Black Soybean Seed (*Glycine max* L. Merr) Through Invigoration Osmoconditioning. Under the guidance of Dr. Darmawan Saptadi, SP., MP. as the main supervisor and Niken Kendarini, SP., MSi. as second supervisor.

In Indonesia, black soybeans use as the main ingredients of ketchup. Every year there is an increase in consumption of ketchup in the community. For that, there needs to be an increase in the production of black soybean and its efforts is the use of seed with good quality. But, the problem is black soybean seed include orthodox seed with rapid deteriorated, especially if seed stored in sub optimum conditions. Solutions that could be applied to improve seed quality is invigoration osmoconditioning. Which is a treatment that can control seed water uptake for enhance seed viability by osmotic solutions with a low water potential. The aim of this research was to get the best treatment from invigoration osmoconditioning with PEG-6000. The hypothesis is there are effect of soaking duration, concentration of PEG-6000 and their interactions to enhance the viability of black soybean seed that had deteriorated.

The research was conducted at the Laboratory of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, in June until July 2014. The tools used were seed germinator (APB), scales analytic, nippers, rulers, measuring cup and pipette. The materials used were black soybean seed varieties Detam-2 (which had been stored for 22 month in optimum conditions), distilled water, PEG-6000, plastics, labels and paper stencils as testing medium. The research were arranged in Completely Randomized Design (CRD) factorial consisted of two factors. The first factor was soaking duration (L) with 3 levels i.e. L1 = 6; L2 = 12 and L3 = 18 hours. The second factor was the treatment invigoration osmoconditioning (P) with 5 levels i.e. P0 = distilled water; P1 = PEG-6000 with 5% concentration; P2 = PEG-6000 with 10% concentration; P3 = PEG-6000 with 15% concentration and P4 = PEG-6000 with 20% concentration. This experiment was repeated four times, so there was 60 experimental units and each it used 50 seeds. Osmoconditioning and distilled water treatment was done by soaking the seeds at room temperature ($\pm 28^{\circ}\text{C}$). The ratio between the seed with media osmoconditioning and distilled water was 1:5 (g mL^{-1}). Soybean seed germinated by UKDdp methods (Rolled Paper in plastic). Each experimental unit was using 2 rolls and contained 25 seeds respectively. And then, the rolls placed in APB and observed. Observations were including seed germination (DB), speed of germination (K_{CT}), uniformity of germination (K_{ST}), vigor of index (IV), seedling dry weight (BKKN), hypocotyl length and root length. Data were analyzed with ANOVA or F-test. If F-test showed significant difference, it would be followed by LSD (Least Significant Difference) test at 5% level.

The results showed that invigoration osmoconditioning with PEG-6000 15% for 12 hours (L2P3) gave the optimal value for uniformity of germination and hypocotyl length. The single factor of invigoration osmoconditioning, maximum seed germination, speed of germination and seedling dry weight were obtained from seeds osmoconditioned with PEG-6000 15% solution (P3). The single factor of soaking duration, the optimal value for seed germination, index of vigor and root length were observed on 12 hours (L2).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT. yang telah memberikan kelancaran kepada penulis dalam melaksanakan penelitian dan skripsi yang berjudul “Peningkatan Viabilitas Benih Kedelai Hitam (*Glycine max.* L. Merr) Melalui Invigorasi *Osmoconditioning*”.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Darmawan Saptadi, SP., MP. dan Ibu Niken Kendarini, SP., MSi. sebagai dosen pembimbing, yang telah membimbing dan memberikan arahan selama proses penelitian serta penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan pula untuk orang tua dan keluarga yang telah memberi dukungan baik moril maupun materil, serta kepada teman-teman yang telah turut serta membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Dengan penyusunan skripsi ini, penulis mengharapkan saran atau masukan dari berbagai pihak apabila terdapat kekurangan atau kekeliruan baik dalam isi maupun penulisan. Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi baru dan bermanfaat bagi para pembaca dan penulis sendiri.

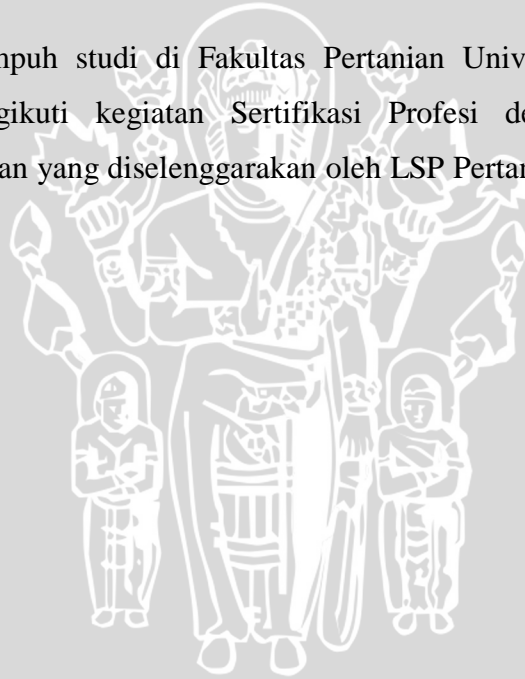
Malang, Desember 2014

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bogor, Jawa Barat pada tanggal 25 November 1990. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dengan Ayah bernama Suyono dan Ibu bernama Dwi Rahayu. Tahun 2002 penulis lulus dari SD Negeri 1 Pajeleran, kemudian tahun 2005 penulis menyelesaikan studi di SMPN 2 Cibinong. Selanjutnya penulis lulus dari SMAN 2 Cibinong pada tahun 2008. Pada tahun 2008 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Diploma III Institut Pertanian Bogor melalui jalur USMI pada Program Keahlian Teknologi Industri Benih. Tahun 2012 penulis melanjutkan studi Strata Satu (S1) di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur Seleksi Alih Program (SAP).

Selama menempuh studi di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, penulis pernah mengikuti kegiatan Sertifikasi Profesi dengan Kualifikasi Penangkar Bibit Sayuran yang diselenggarakan oleh LSP Pertanian Nasional pada tahun 2013.

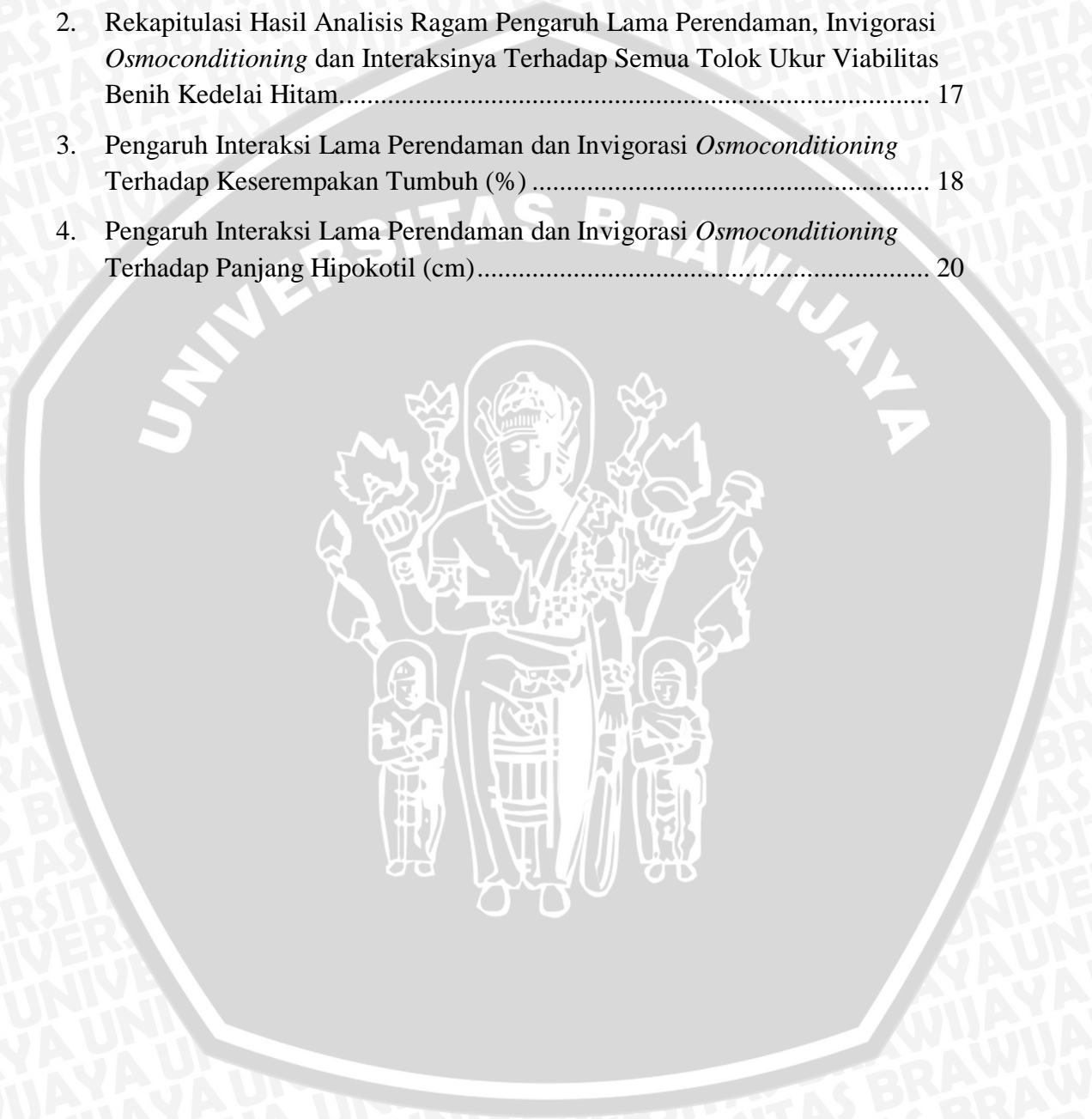


DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Hipotesis.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kedelai	4
2.2 Benih Kedelai.....	5
2.3 Viabilitas Benih.....	6
2.4 Kemunduran Benih	7
2.5 Invigorasi <i>Osmoconditioning</i>	9
III. BAHAN DAN METODE	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Metode Penelitian.....	12
3.4 Pelaksanaan Percobaan	13
3.5 Pengamatan	14
3.6 Analisis Data	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Hasil	17
4.2 Pembahasan.....	27
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	39

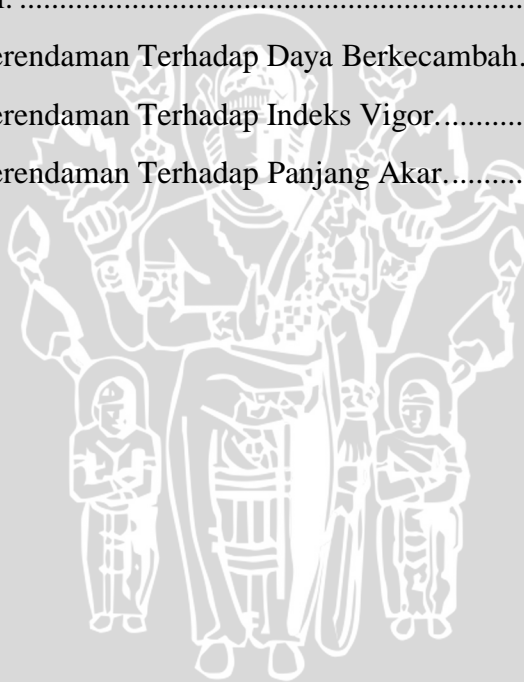
DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Analisis Ragam RAL Faktorial.....	16
2. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman, Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> dan Interaksinya Terhadap Semua Tolok Ukur Viabilitas Benih Kedelai Hitam.....	17
3. Pengaruh Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Keserempakan Tumbuh (%)	18
4. Pengaruh Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Panjang Hipokotil (cm).....	20



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Grafik Perubahan Nilai Keserempakan Tumbuh (%) Akibat Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i>	19
2. Keserempakan Tumbuh Benih Perlakuan (a) L2P3 dan (b) L3P0.....	19
3. Grafik Perubahan Nilai Panjang Hipokotil (cm) Akibat Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i>	21
4. Pengaruh Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Daya Berkecambah.....	23
5. Pengaruh Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Kecepatan Tumbuh.....	23
6. Pengaruh Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Bobot Kering Kecambah Normal.....	24
7. Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Daya Berkecambah.....	25
8. Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Indeks Vigor.....	26
9. Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Panjang Akar.....	26



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Deskripsi Kedelai Varietas Detam 2.....	40
2. Gambaran Kombinasi dari Kedua Faktor Percobaan.....	41
3. Prosedur Pembuatan Larutan <i>Osmoconditioning</i>	42
4. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Daya Berkecambah.....	43
5. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Kecepatan Tumbuh.....	43
6. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Keserempakan Tumbuh.....	43
7. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Indeks Vigor.....	44
8. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Bobot Kering Kecambah Normal.....	44
9. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Panjang Hipokotil.....	44
10. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi <i>Osmoconditioning</i> Terhadap Panjang Akar.....	45
11. Keragaan Kecambah Umur 8 HST dengan Berbagai Perlakuan <i>Osmoconditioning</i> pada Lama Perendaman Selama 6 Jam.....	46
12. Keragaan Kecambah Umur 8 HST dengan Berbagai Perlakuan <i>Osmoconditioning</i> pada Lama Perendaman Selama 12 Jam.....	47
13. Keragaan Kecambah Umur 8 HST dengan Berbagai Perlakuan <i>Osmoconditioning</i> pada Lama Perendaman Selama 18 Jam.....	48

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max* L. Merr) ialah tanaman semusim yang termasuk famili Leguminoseae. Kedelai merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang penting di Indonesia karena memiliki kandungan protein yang tinggi. Secara umum terdapat dua jenis kedelai yang dikenal di Indonesia, yaitu kedelai kuning dan kedelai hitam. Di Indonesia kedelai hitam dimanfaatkan sebagai bahan baku utama pembuatan kecap. Keunggulan kedelai hitam sebagai bahan baku kecap adalah meningkatkan kualitas warna hitam pada kecap (Adie, Suharsono dan Sudaryono, 2009). Setiap tahun terjadi peningkatan konsumsi dan perkembangan industri kecap di masyarakat. Hal ini menyebabkan permintaan terhadap kedelai hitam juga ikut naik. Indonesia baru bisa memproduksi 40% dari permintaan, sedangkan sisanya adalah impor (Haroen, 2010). Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi kedelai hitam antara lain, perluasan lahan produksi, perakitan varietas unggul dan penggunaan benih bermutu.

Ketersediaan benih bermutu menjadi hal yang penting untuk kesinambungan produksi tanaman. Viabilitas benih yang turun menyebabkan mutu perkecambahan menjadi rendah (Ruliansyah, 2011). Prabha dan Chauhan (2014) menambahkan, penggunaan benih bermutu rendah menyebabkan daya adaptasi tanaman di lapangan menjadi berkurang dan berakibat pada produksi tanaman yang rendah. Mutu benih dapat mengalami kemunduran seiring dengan berjalannya waktu dan tidak dapat dikembalikan. Hal ini dapat diakibatkan antara lain oleh faktor penyimpanan maupun kesalahan dalam penanganan benih (Jyoti dan Malik, 2013). Benih kedelai hitam termasuk benih orthodox yang cepat mengalami kemunduran terutama jika kondisi lingkungan simpan kurang menguntungkan (sub optimum). Hal ini disebabkan karena kandungan protein yang dimiliki relatif besar, mengakibatkan kadar air benih cepat meningkat. Protein yang bersifat higroskopis, menyebabkan benih mengabsorpsi air lebih banyak (Tatipata, 2008). Rusmin (2007) berpendapat, solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu benih yang telah mengalami kemunduran ialah melalui invigorasi. Invigorasi ialah suatu perlakuan fisik atau kimia untuk meningkatkan

atau memperbaiki mutu benih yang telah mengalami kemunduran. Salah satu teknik invigorasi yang dapat dilakukan adalah *osmoconditioning*.

Invigorasi *osmoconditioning* ialah teknik yang mengatur laju penyerapan air (imbibisi) oleh benih, menggunakan larutan yang memiliki potensial osmotik rendah sebagai media imbibisi. *Osmoconditioning* bertujuan untuk mempercepat waktu perkecambahan, menyerempakkan perkecambahan serta memperbaiki persentase kecambah normal. Beberapa larutan yang dapat digunakan meliputi PEG, KNO_3 , CaCl_2 , K_3PO_4 , MgSO_4 , NaCl dan manitol (Khan, 1992). Nurmauli dan Nurmiaty (2010) berpendapat, larutan PEG (*Polyethylene glycol*) merupakan jenis larutan yang sering digunakan pada perlakuan invigorasi *osmoconditioning*. PEG dipilih sebagai perlakuan, karena mudah larut dalam air. PEG merupakan senyawa yang dapat menurunkan potensial osmotik larutan melalui aktivitas matriks sub-unit etilena oksida yang mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen. Girolamo dan Barbanti (2012) menambahkan, jenis PEG yang biasa digunakan adalah PEG yang memiliki besar molekul 6000 atau 8000. Besarnya molekul yang dimiliki PEG tersebut, mencegah larutan memasuki jaringan dan embrio benih, sehingga tidak meracuni benih. Selain itu, penggunaan PEG dalam jangka waktu yang panjang relatif aman bagi benih. Hanya saja, penggunaan PEG pada konsentrasi tinggi dan waktu yang cukup lama, menyebabkan pengurangan kecepatan tumbuh, namun tidak menyebabkan kematian benih.

Beberapa penelitian invigorasi yang menggunakan larutan PEG-6000 sebagai perlakuan *osmoconditioning* telah dilakukan. Penelitian Widajati (1999) terhadap benih kedelai varietas Wilis menggunakan PEG-6000 dengan konsentrasi 26% selama 48 jam, mampu meningkatkan daya berkecambah hingga 14% dan keserempakan tumbuh (K_{ST}) hingga 10% dengan DB dan K_{ST} awal 87% dan 64,5%. Hasil yang sama dilaporkan oleh Nurmauli dan Nurmiaty (2010) terhadap benih kedelai varietas Anjasmoro yang memiliki DB dan K_{ST} awal 65,33% dan 28%, mampu meningkat menjadi 76,67% dan 46,66% setelah diberi perlakuan PEG-6000 10% dengan waktu perendaman 4 jam. Penelitian lain menunjukkan, perlakuan PEG-6000 -0,8 Mpa selama 12 jam pada benih kedelai cv. Sari mampu meningkatkan daya berkecambah sebesar 15%, dengan DB awal 78%, (Rouhi *et al.*, 2011).

Sampai saat ini perlakuan invigorasi *osmoconditioning* terhadap benih kedelai hitam belum banyak dilaporkan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian tentang invigorasi *osmoconditioning* terhadap viabilitas benih kedelai hitam. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi dan solusi, dalam menangani benih kedelai hitam yang telah mengalami kemunduran mutu. Baik kemunduran yang disebabkan oleh penyimpanan ataupun kesalahan dalam penanganan benih.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perlakuan yang terbaik dari invigorasi *osmoconditioning* menggunakan PEG-6000, sehingga dapat meningkatkan viabilitas benih kedelai hitam yang telah mengalami kemunduran mutu.

1.3 Hipotesis

1. Terdapat pengaruh interaksi lama perendaman dan konsentrasi dalam larutan PEG-6000 terhadap peningkatan viabilitas benih kedelai hitam.
2. Terdapat pengaruh konsentrasi dalam larutan PEG-6000 terhadap peningkatan viabilitas benih kedelai hitam.
3. Terdapat pengaruh lama perendaman perlakuan invigorasi terhadap peningkatan viabilitas benih kedelai hitam.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai

Kedelai (*Glycine max* L. Merr) ialah tanaman budidaya yang berasal dari Daratan Cina. Penyebaran tanaman kedelai ke wilayah Asia diperkirakan sekitar abad ke 16. Kedelai di Indonesia, pertama kali ditemukan di Ambon dalam *Herbarium Amboinense* tahun 1673, kemudian berkembang ke pulau Jawa, Bali dan pulau-pulau lainnya. Berdasarkan klasifikasinya, kedelai termasuk kelas Dikotiledon, ordo Polypetales, famili Leguminosae, sub famili Papilionoideae, genus *Glycine*, sub genus Soja, spesies *Glycine max* (L.) Merril (Adie dan Krisnawati, 2007).

Karakteristik kedelai secara umum yang dibudidayakan di Indonesia merupakan tanaman semusim, tanaman yang tegak, dengan tinggi 40-90 cm. Bercabang, berdaun tunggal (saat perkecambahan) dan *trifoliolate* (setelah perkecambahan), berbulu pada daun dan polong tetapi tidak terlalu padat. Bentuk daun kedelai terdiri dari lancip, bulat dan lonjong serta terdapat perpaduan bentuk daun, tetapi umumnya daun kedelai di Indonesia adalah lonjong. Sistem perakaran pada kedelai terdiri dari sebuah akar tunggang, sejumlah akar sekunder, cabang akar sekunder dan cabang akar adventif yang tumbuh di bawah hipokotil (Adie dan Krisnawati, 2007).

Badan Litbang Pertanian hingga tahun 2012, telah melepas 73 varietas kedelai, 7 diantaranya merupakan kedelai hitam. Tahun 2008, Badan Litbang Pertanian telah melepas 2 varietas kedelai hitam, salah satunya ialah varietas Detam 2. Kedelai hitam ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain kandungan protein biji yang dimiliki lebih tinggi (45%) dibandingkan kedelai kuning (39-40%), serta kandungan lemak yang cukup. Kadar protein kecap yang dihasilkan sebesar 2,74 %bk. Hal ini yang menyebabkan kedelai hitam lebih disukai untuk bahan baku kecap, selain karena kandungan proteinnya, juga dapat memberikan kualitas warna hitam alami pada produknya (Adie *et al.*, 2009).

2.2 Benih Kedelai

Benih tanaman yang selanjutnya disebut benih, adalah tanaman atau bagiannya yang digunakan untuk memperbanyak dan/atau mengembangbiakan tanaman (UU No. 12 Tahun 1992). Sadjad (1994) menambahkan, pengertian benih secara fungsional adalah bagian dari tanaman yang digunakan untuk perbanyakan, sedangkan secara struktural benih diartikan sebagai bagian dari tanaman yang berasal dari peleburan inti sel gamet jantan dengan sel gamet betina (pembuahan). Meskipun benih adalah salah satu bagian kecil dari tanaman, tetapi sangat bernilai tinggi bila dilihat dari sisi fungsinya. Biji kedelai merupakan bagian tanaman yang digunakan untuk mengembangbiakan tanaman kedelai (benih kedelai). Bentuk biji kedelai berbeda-beda tergantung kultivar, dapat berbentuk bulat, agak gepeng atau oval, namun sebagian besar kultivar yang ada di Indonesia memiliki bentuk biji oval. Biji kedelai di Indonesia dikelompokkan berdasarkan, ukuran besar (berat >14 g/100 biji), sedang (berat 10-14 g/100 biji) dan kecil (berat <10 g/100 biji) (Adie dan Krisnawati, 2007).

Biji kedelai terbagi menjadi dua bagian utama yaitu kulit biji (testa) dan janin (embrio). Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut pusar (hilum) (Adie dan Krisnawati, 2007). Pusar biji atau hilum adalah jaringan bekas biji kedelai yang menempel pada dinding buah. Warna kulit biji bermacam-macam, ada yang kuning, hitam, hijau atau coklat (Suprpto, 2001). Menurut Williams (1952), kedelai yang mempunyai warna kulit hitam disebabkan oleh kuatnya pengaruh warna ungu akibat pigmen antosianin. Pigmen kulit biji sebagian besar terletak di lapisan palisade (lapisan terluar biji), yang terdiri dari pigmen antosianin dalam vakuola, klorofil dalam plastid dan berbagai kombinasi hasil uraian dari produk-produk pigmen tersebut. Kulit biji (testa) merupakan karakter morfologi yang penting bagi benih kedelai, karena menentukan proses fisiologis embrio, sekaligus menjadi penutup dan pelindung embrio (Adie dan Krisnawati, 2007). Sutopo (2002) berpendapat, fungsi dari kulit biji ialah untuk melindungi biji dari kekeringan, kerusakan mekanis atau serangan cendawan, bakteri dan insekta.

Embrio terletak di antara keping biji. Bagian embrio terdiri dari plumula, poros hipokotil akar (axis) serta dua kotiledon. Plumula terdiri dari dua calon daun dan titik tumbuh, sedangkan poros hipokotil akar merupakan bagian embrio yang

terletak di bawah kotiledon (Adie dan Krisnawati, 2007). Adanya dua kotiledon tersebut menjadikan biji kedelai termasuk ke dalam biji berkeping dua (Suprpto, 2001). Kotiledon berfungsi sebagai cadangan makanan pada proses perkecambahan hingga daun dan akar terbentuk sempurna. Kotiledon mengandung bahan makanan yang kebanyakan terdiri dari lemak dan protein, dan jumlah kandungannya tergantung dari varietasnya (Adie dan Krisnawati, 2007). Tipe perkecambahan kedelai tergolong *epigeous*, yang berarti keping biji muncul diatas tanah. Menurut Sutopo (2002), tipe perkecambahan *epigeous* adalah dimana munculnya radikel diikuti dengan memanjangnya hipokotil secara keseluruhan dan membawa serta kotiledon dan plumula ke atas permukaan tanah.

2.3 Viabilitas Benih

Kemampuan benih untuk tumbuh pada kondisi alami di lapangan sangat dipengaruhi oleh viabilitasnya. Viabilitas merupakan ciri utama yang membedakan antara benih dan biji. Viabilitas merupakan kemampuan benih untuk hidup, tumbuh dan berkembang. Viabilitas benih ialah daya hidup benih yang ditunjukkan oleh gejala pertumbuhan benih atau gejala metabolismenya (Sadjad, 1994). Pengujian viabilitas bertujuan memperoleh informasi mutu fisiologi benih, yaitu untuk mengetahui semua benih yang hidup baik dorman maupun tidak dorman sehingga dapat menggambarkan daya hidup benih, karena benih merupakan individu yang hidup (Sadjad, 1993). Viabilitas benih terbagi ke dalam dua kriteria, yaitu viabilitas potensial dan vigor. Viabilitas potensial dapat diamati berdasarkan tolok ukur Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN) dan Daya Berkecambah (DB) (Sadjad, 1994). Daya berkecambah benih adalah muncul dan berkembangnya struktur terpenting dari embrio benih serta kecambah tersebut menunjukkan kemampuan untuk berkembang menjadi tanaman normal pada kondisi lingkungan yang menguntungkan (optimum) (Copeland dan McDonald, 1995). Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (2003), daya berkecambah untuk benih kedelai dengan kelas Benih Penjenis (BS) adalah minimal sebesar 80%.

Viabilitas dalam keadaan pertanaman dengan kondisi yang suboptimum disebut vigor benih. Vigor benih dibagi menjadi dua kualifikasi, yaitu Vigor Daya

Simpan (V_{DS}) dan Vigor Kekuatan Tumbuh (V_{KT}). Vigor Daya Simpan (V_{DS}) merupakan suatu parameter vigor benih yang ditunjukkan dengan kemampuan benih untuk disimpan dalam keadaan suboptimum. Vigor kekuatan tumbuh dapat diungkapkan oleh tiga kelompok tolok ukur, yaitu Kecepatan Tumbuh (K_{CT}), Keserempakan Tumbuh (K_{ST}) dan Vigor Spesifik ($V_{KT \text{ Spesifik}}$). Tolok ukur K_{CT} lebih mengindikasikan vigor benih secara individual, meski kecepatan tumbuhnya diukur sebagai persentase bibit, atau kecambah normal terhadap seluruh benih yang ditanam, atau dikecambahkan untuk waktu yang ditentukan. Tolok ukur K_{ST} merupakan tolok ukur untuk parameter V_{KT} yang unitnya berupa persentase kecambah yang memperlihatkan keserempakan pada media pengujian. Tolok ukur V_{KT} Spesifik diuji validitas dan implementasinya untuk menstimulasi vigor benih terhadap cekaman yang spesifik (Sadjad *et al.*, 1999). Vigor benih yang tinggi dicirikan antara lain, tahan disimpan lama, tahan terhadap serangan hama dan penyakit, cepat dan merata tumbuhnya serta mampu menghasilkan tanaman dewasa yang normal dan berproduksi baik dalam keadaan lingkungan tumbuh yang suboptimum (Sadjad, 1993).

2.4 Kemunduran Benih

Kemunduran benih merupakan proses yang tidak dapat dihindarkan atau dirubah (*inexorable process*). Selain itu, kemunduran benih merupakan proses yang tidak dapat balik (*irreversible process*) dan proses yang berbeda dalam suatu populasi benih (*varies among seed population*) bahkan antar individu benih, karena penanganan antar benih juga berbeda-beda (Copeland dan McDonald, 1995). Tatipata *et al.* (2004) menjelaskan, kemunduran benih dapat diidentifikasi secara biokimiawi dan fisiologi, yang akhirnya dapat menyebabkan hilangnya viabilitas benih. Indikasi biokimiawi kemunduran benih dicirikan antara lain penurunan aktivitas enzim dan penurunan cadangan makanan. Indikasi fisiologi kemunduran benih antara lain, penurunan daya berkecambah dan vigor. Copeland dan McDonald (1995) berpendapat, penurunan vigor secara fisiologis ditandai dengan peningkatan jumlah kecambah abnormal, penurunan pemunculan kecambah di lapangan, terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta meningkatnya kepekaan terhadap lingkungan yang ekstrim, yang akhirnya

dapat menurunkan produksi tanaman. Benih yang telah mundur secara fisik mengalami perubahan warna dan umumnya terlihat lebih kusam dan keriput dari keadaan awalnya. Sadjad *et al.* (1999) menambahkan, kemunduran benih bersifat kumulatif dan tidak dapat dicegah akibat perubahan fisiologis yang disebabkan oleh faktor internal. Kemunduran viabilitas benih secara alami, baik di lapang produksi maupun di ruang simpan disebut deteriorasi. Sedangkan proses kemunduran viabilitas benih secara buatan atau rekayasa orang secara fisik atau kimiawi, sehingga terjadi pengusangan benih yang cepat disebut devigorasi.

Copeland dan McDonald (1995) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi lamanya hidup benih meliputi faktor eksternal dan internal benih. Faktor eksternal yang mempengaruhi lamanya periode hidup benih dalam penyimpanan meliputi suhu, kelembaban dan komposisi gas. Faktor internal benih mencakup kondisi fisik dan sifat genetiknya. Benih yang rusak, retak ataupun pecah akan mengalami kemunduran lebih cepat dibandingkan dengan benih yang tidak mengalami kerusakan. Sifat genetik yang mempengaruhi kemunduran benih antara lain dapat dilihat dari komposisi kimia benih, seperti benih dengan kandungan lemak dan protein yang tinggi akan lebih cepat mengalami proses kemunduran jika dibandingkan dengan benih yang mengandung karbohidrat yang tinggi. Protein yang bersifat higroskopis menyebabkan benih mengabsorpsi air lebih banyak, sehingga mempercepat kegiatan biologis benih, seperti proses respirasi (Tatipata *et al.*, 2004).

Benih kedelai memiliki kandungan protein yang relatif tinggi. Oleh karena itu, benih kedelai termasuk kedalam benih orthodox yang cepat mengalami kemunduran dibandingkan dengan benih tanaman lain, terutama jika disimpan pada kondisi yang kurang optimum (Tatipata, 2008). Kondisi penyimpanan benih mempunyai peranan yang sangat penting dalam mempertahankan viabilitas benih kedelai. Penelitian Kartono (2004) memperlihatkan bahwa, benih kedelai varietas Wilis dengan kadar air $\leq 11\%$ yang dikemas menggunakan plastik dan *aluminium foil* (kemasan kedap udara), dapat mempertahankan daya kecambah benih $>85\%$ selama satu tahun, jika disimpan pada ruang berpendingin (suhu $18-20^{\circ}\text{C}$, Rh 50-60%). Pada suhu ruang 15°C , benih kedelai dapat dipertahankan daya berkecambahnya $>85\%$ selama 2 tahun. Apabila benih disimpan pada suhu ruang

10°C, maka daya berkecambahnya dapat dipertahankan di atas 85% selama 3 tahun, sedangkan pada suhu ruang 5°C dapat dipertahankan daya berkecambahnya >85% selama 5 tahun. Kemasan kedap udara bertujuan untuk menekan pengaruh lingkungan sekitar benih, sedangkan suhu dan Rh yang rendah dapat menghambat respirasi benih.

2.5 Invigorasi *Osmoconditioning*

Invigorasi ialah suatu proses bertambahnya vigor benih. Invigorasi merupakan teknik yang dilakukan untuk meningkatkan vigor benih yang telah mengalami kemunduran. Hasil proses invigorasi dapat ditunjukkan oleh indikasi fisiologi maupun biokimiawi (Sadjad, 1994). Terdapat dua kategori utama metode invigorasi, yaitu penyerapan air tidak terkontrol dan penyerapan air secara terkontrol. Penyerapan air tidak terkontrol adalah mengimbibisi benih pada media lembab atau merendam benih dalam air. Sedangkan penyerapan air secara terkontrol adalah mengatur jumlah air yang diimbibisi oleh benih serta pengaturan kecepatan masuknya air kedalam benih (Girolamo dan Barbanti, 2012).

Khan (1992) menjelaskan, perlakuan invigorasi benih sebelum ditanam, dengan cara mengatur laju imbibisi benih, sehingga benih siap berkecambah disebut sebagai *Conditioning*. *Conditioning* dimulai saat benih mengimbibisi pada media imbibisi yang berpotensi air rendah. Setelah keseimbangan air tercapai selanjutnya kandungan air dalam benih dipertahankan. *Conditioning* bertujuan meningkatkan proses-proses fisiologi dan biokimia, sehingga dapat memicu kegiatan metabolisme di dalam benih. Terdapat dua perlakuan *conditioning*, yaitu *matricconditioning* dan *osmoconditioning*. *Matricconditioning* ialah penyerapan air secara teratur pada media padatan, yang memiliki potensial matrik rendah dan potensial osmotik yang dapat diabaikan. Sedangkan *osmoconditioning* ialah penyerapan air secara terkontrol dengan menggunakan larutan yang memiliki potensial osmotik rendah dan potensial matrik yang dapat diabaikan. Tujuan utama *osmoconditioning* yaitu untuk mempercepat waktu perkecambahan, menyerempakan perkecambahan serta memperbaiki persentase kecambah normal.

Respon benih yang diberi perlakuan berbeda untuk setiap spesies, bahkan mungkin antar lot benih dari beberapa kultivar (Khan, 1992). Powell (1998)

menambahkan, beberapa faktor yang mempengaruhi perlakuan *osmoconditioning*, meliputi kondisi lingkungan (suhu dan cahaya), ketersediaan oksigen (aerasi), lamanya perlakuan dan mutu benih. Menurut Widajati (1999), perlakuan *osmoconditioning* efektif untuk benih yang mengalami kemunduran dengan nilai daya berkecambah (DB) antara 72-90% (bermutu sedang), tetapi tidak efektif bagi benih bermutu tinggi (DB>90%) dan rendah (DB<72%). Hal ini dikarenakan, pada benih yang viabilitasnya masih tinggi kondisi organel-organel masih baik, demikian pula aktivitas enzim-enzim yang masih tinggi. Sedangkan pada benih yang viabilitasnya rendah, organel-organel sel pada benih sudah terlalu rusak, sehingga sulit untuk dipulihkan kembali.

Keberhasilan *osmoconditioning* ditentukan oleh jumlah air yang masuk ke dalam benih, potensial osmotik dan jenis larutan yang digunakan. Beberapa jenis osmotik yang dapat digunakan sebagai larutan *osmoconditioning* antara lain PEG (*Polyethylene glycol*), KNO₃, CaCl₂, K₃PO₄, MgSO₄, NaCl dan mannitol (Khan, 1992). Larutan PEG merupakan jenis larutan yang sering digunakan pada perlakuan invigorasi. Larutan PEG dipilih sebagai perlakuan, karena mudah larut dalam air. PEG merupakan senyawa yang dapat menurunkan potensial osmotik larutan melalui aktivitas matriks sub-unit etilena oksida yang mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen (Nurmauli dan Nurmiaty, 2010). Menurut Girolamo dan Barbanti (2012), jenis PEG yang biasa digunakan adalah PEG yang memiliki besar molekul 6000 atau 8000. Besarnya molekul yang dimiliki PEG tersebut, mencegah larutan memasuki jaringan dan embrio benih, sehingga tidak meracuni benih. Selain itu, penggunaan PEG dalam jangka waktu yang panjang relatif aman bagi benih. Hanya saja, penggunaan PEG pada konsentrasi tinggi dan waktu yang cukup lama, menyebabkan pengurangan kecepatan tumbuh, namun tidak menyebabkan kematian benih.

Beberapa penelitian invigorasi yang menggunakan larutan PEG-6000 sebagai perlakuan *osmoconditioning* telah dilakukan. Penelitian Anwar *et al.* (1999) menggunakan larutan PEG-6000 -1,25 Mpa terhadap lima varietas kedelai (Cikuray (88%), Raung (70%), Singgalang (80%), Gayo (78%) dan Pangrango (82%)), memperlihatkan peningkatan daya berkecambah masing-masing varietas hingga 17%. Hal yang sama dilakukan Widajati (1999) terhadap

benih kedelai varietas Wilis, perendaman PEG-6000 dengan konsentrasi 26% selama 48 jam, mampu meningkatkan daya berkecambah hingga 14% dan keserempakan tumbuh (K_{ST}) hingga 10% dengan DB dan K_{ST} awal 87% dan 64,5%. Hasil yang sama dilaporkan oleh Nurmauli dan Nurmiaty (2010) terhadap benih kedelai varietas Anjasmoro yang memiliki DB dan K_{ST} awal 65,33% dan 28%, mampu meningkat menjadi 76,67% dan 48.66% setelah diberi perlakuan PEG-6000 10% dengan waktu perendaman 4 jam. Penelitian lain menunjukkan, perlakuan PEG-6000 -0,8 Mpa selama 12 jam pada benih kedelai *cv. Sari* mampu meningkatkan daya berkecambah sebesar 15%, dengan DB awal 78% (Rouhi *et al.*, 2011). Hasil serupa diperlihatkan oleh Sadeghi *et al.* (2011), menggunakan perlakuan PEG-6000 -1,2 Mpa dan lama perlakuan 12 jam pada benih kedelai *cv. 033*, mampu meningkatkan daya berkecambah sebesar 8%, dengan DB awal 83%.



III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, pada bulan Juni hingga Juli 2014.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah timbangan analitik, pinset, penggaris, cawan petri, gelas ukur, gelas plastik, oven, alat pengecambah benih (APB) dan *handsprayer*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah Benih kedelai hitam varietas Detam 2 (deskripsi varietas dapat dilihat pada Lampiran 1), aquades, PEG-6000, plastik, label dan kertas stensil sebagai media pengujian. Benih yang digunakan berasal dari UPBS Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) Malang, yang telah disimpan selama 22 bulan. Benih dikemas dalam kantong plastik kedap udara dan diletakkan di dalam *dry cold storage* bersuhu $12\pm 2^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban $\pm 60\%$. Analisis mutu benih awal menunjukkan daya berkecambah kedelai hitam varietas Detam 2 sebesar 74,67%.

3.3 Metode Penelitian

Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama ialah lama perendaman (L) yang terdiri dari 3 taraf perlakuan, yaitu:

L1 = Perendaman selama 6 jam

L2 = Perendaman selama 12 jam

L3 = Perendaman selama 18 jam.

Faktor kedua ialah perlakuan invigorasi *osmoconditioning* (P) yang terdiri dari 5 taraf perlakuan, yaitu:

P0 = Perendaman dengan aquades (kontrol)

P1 = Perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 5%

P2 = Perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 10%

P3 = Perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 15%

P4 = Perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 20%

Percobaan ini dilakukan dengan empat ulangan sehingga terdapat 60 satuan percobaan, yaitu 4 x 15 kombinasi perlakuan atau 4 x 3 x 5 unit percobaan. Setiap satuan percobaan menggunakan 50 butir benih untuk dikecambahkan (Rouhi *et al.*, 2011; Sadeghi *et al.*, 2011). Gambaran kombinasi dari kedua faktor dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.4 Pelaksanaan Percobaan

3.4.1 Perlakuan Invigorasi

Perlakuan ini dilaksanakan pada suhu kamar ($\pm 28^{\circ}\text{C}$). Benih kedelai hitam diberi perlakuan kontrol dan *osmoconditioning*. Masing-masing larutan *osmoconditioning* dibuat dengan cara melarutkan PEG-6000 menggunakan aquades (prosedur pembuatan larutan *osmoconditioning* dapat dilihat pada Lampiran 3). Perlakuan *osmoconditioning* dan kontrol dilakukan dengan cara merendam benih. Rasio antara benih dengan media *osmoconditioning* dan aquades adalah 1:5 (g mL^{-1}) (El-Abady *et al.*, 2014). Setiap satuan percobaan digunakan 50 butir benih, sehingga untuk merendam 50 butir benih ($\pm 7\text{g}$), diperlukan larutan sebanyak 35 mL. Setelah perlakuan, benih dibilas dengan air mengalir dan dikeringanginkan.

3.4.2 Penanaman

Benih kedelai hitam ditanam dengan metode UKDdp (Uji Kertas Digulung didirikan dalam plastik) menggunakan kertas stensil. Kertas stensil terlebih dahulu dilembabkan menggunakan air. Sebanyak 3 lembar kertas dihamparkan dan dialasi plastik, kemudian diletakkan pada tempat yang datar. Benih yang telah diberi perlakuan diletakkan dan disusun hingga memenuhi setengah bagian kertas stensil. Selanjutnya menutup bagian kertas yang telah diletakkan benih tadi, dengan melipat setengah bagian kertas yang masih kosong, sehingga benih tertutup dengan lipatan kertas yang kosong. Kemudian kertas yang telah berisi benih tadi digulung beserta plastiknya secara perlahan dan direkatkan dengan cara diberi label sesuai dengan perlakuan. Setelah itu, gulungan diletakkan di APB bersuhu $\pm 25^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban $\pm 75\%$. Setiap satuan percobaan menggunakan 2 gulungan, tiap gulungan berisi 25 butir benih. Pengamatan yang dilakukan

meliputi: persentase kecambah normal (daya berkecambah), kecepatan tumbuh, keserempakan tumbuh, indeks vigor, bobot kering kecambah normal, panjang hipokotil dan panjang akar.

3.5 Pengamatan

3.5.1 Daya berkecambah (DB)

Daya berkecambah benih dukur berdasarkan jumlah kecambah normal (KN) pada pengamatan I yaitu 5 hari setelah tanam (HST) dan pengamatan II yaitu 8 HST, menurut rumus Dirjen Tanaman Pangan (2010):

$$DB (\%) = \frac{\sum KN \text{ (Pengamatan I dan II)}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100 \%$$

3.5.2 Kecepatan Tumbuh (K_{CT})

Tolok ukur kecepatan tumbuh mengindikasikan vigor kekuatan tumbuh (V_{KT}). K_{CT} diukur berdasarkan persentase kecambah normal pada waktu mulai tanam sampai akhir pengamatan, yaitu 8 hari setelah tanam. Pengamatan dilakukan setiap hari, terhadap persentase pertambahan kecambah normal pada hari pengamatan dibagi dengan etmal (24 jam). Unit tolok ukur K_{CT} adalah % per hari atau % per etmal, dengan rumus menurut Sadjad (1994):

$$K_{CT} = \frac{N_1}{W_1} + \frac{N_2}{W_2} + \dots + \frac{N_a}{W_a}$$

Keterangan:

K_{CT} = Kecepatan Tumbuh (% KN/etmal)

$N_{1,2,\dots,a}$ = persentase pertambahan kecambah normal pada waktu pengamatan, yaitu pada $W_{1,2,\dots,a}$ (%)

$W_{1,2,\dots,a}$ = waktu pengamatan/jumlah hari setelah tanam (etmal)

a = akhir pengamatan (hari ke-8)

3.5.3 Keserempakan Tumbuh (K_{ST})

Vigor kekuatan tumbuh dengan tolok ukur Keserempakan Tumbuh (K_{ST}), diukur berdasarkan persentase kecambah normal pada hari di antara pengamatan I dan pengamatan II. Standar pengamatan untuk benih kedelai dalam pengujian benih menurut Dirjen Tanaman Pangan, yaitu 5 dan 8 HST, sehingga untuk pengamatan K_{ST} dilakukan pada 6 HST, dengan rumus menurut Sadjad (1994):

$$K_{ST}(\%) = \frac{\sum \text{KN pada 6 HST}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100 \%$$

Keterangan:

K_{ST} = Keserempakan Tumbuh

KN = Kecambah normal

3.5.4 Indeks Vigor (IV)

Indeks vigor dihitung berdasarkan persentase jumlah benih yang berkecambah normal pada pengamatan I (5 HST), terhadap jumlah benih yang ditanam, dengan rumus menurut Copeland dan McDonald (1995):

$$IV(\%) = \frac{\sum \text{KN pengamatan I (hari ke-5)}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100 \%$$

3.5.5 Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN)

Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN) merupakan bobot kering dari semua kecambah normal. Pengamatan BKKN dilakukan pada hari terakhir pengamatan (8 HST) terhadap kecambah normal yang telah dibuang kotiledonnya dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Setelah dikeringkan kemudian benih ditimbang dengan satuan gram (g) (Copeland dan McDonald, 1995).

3.5.6 Panjang Hipokotil

Pengukuran panjang hipokotil dilakukan mulai dari leher akar sampai dengan pangkal kotiledon. Pengukuran dilakukan pada hari terakhir pengamatan atau hari ke-8 setelah tanam terhadap kecambah normal.

3.5.7 Panjang Akar

Pengukuran panjang akar dimulai dari pangkal leher akar primer sampai dengan ujung akar primer. Pengukuran dilakukan pada hari terakhir pengamatan atau hari ke-8 setelah tanam terhadap kecambah normal.

Kriteria kecambah normal berdasarkan Dirjen Tanaman Pangan (2010) yaitu, harus memiliki salah satu dari kriteria berikut:

- Kecambah sempurna: kecambah yang semua struktur esensialnya berkembang baik, lengkap, seimbang (proporsional) dan sehat.
- Kecambah dengan sedikit kerusakan atau kekurangan: kecambah yang memiliki cacat ringan pada struktur esensialnya, namun memperlihatkan

pertumbuhan yang normal dan seimbang seperti kecambah sempurna apabila dilakukan pengujian yang sama.

- c. Kecambah dengan infeksi sekunder: kecambah yang sesuai dengan salah satu kategori di atas, tetapi terinfeksi oleh cendawan atau bakteri yang berasal dari sumber lain, bukan dari benih tersebut.

3.6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis ragam atau uji F (analisis ragam dapat dilihat pada Tabel 1). Apabila uji F menunjukkan pengaruh nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5%.

Tabel 1. Analisis Ragam RAL Faktorial.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel
Lama perendaman (L)	l-1	JK(L)	KT(L)	KT(L)/KTG	$F_{(\alpha, db-L, db-G)}$
Invigorasi osmoconditioning (P)	p-1	JK(P)	KT(P)	KT(P)/KTG	$F_{(\alpha, db-P, db-G)}$
Interaksi (LxP)	(l-1)(p-1)	JK(LP)	KT(LP)	KT(LP)/KTG	$F_{(\alpha, db-LP, db-G)}$
Galat	lp(r-1)	JK(G)	KTG		
Total	lpr-1	JKT			

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil analisis ragam pengaruh lama perendaman, invigorasi *osmoconditioning* serta interaksinya terhadap viabilitas benih kedelai hitam dengan tolok ukur daya berkecambah, kecepatan tumbuh, keserempakan tumbuh, indeks vigor, bobot kering kecambah normal, panjang hipokotil dan panjang akar dapat dilihat pada Lampiran 4 sampai dengan 10 dan rekapitulasinya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman, Invigorasi *Osmoconditioning* dan Interaksinya Terhadap Semua Tolok Ukur Viabilitas Benih Kedelai Hitam.

Tolok Ukur	Perlakuan dan interaksinya			KK (%)
	L	P	LxP	
Daya Berkecambah	*	**	tn	6,04
Kecepatan Tumbuh	tn	*	tn	7,49
Keserempakan Tumbuh	**	**	*	10,94
Indeks Vigor	*	tn	tn	13,18
Bobot Kering Kecambah Normal	tn	**	tn	8,83
Panjang Hipokotil	**	tn	*	4,62
Panjang Akar	*	tn	tn	7,77

Keterangan: L (Lama perendaman), P (Invigorasi *osmoconditioning*), KK (Koefisien Keragaman), berdasarkan hasil uji F ** (berpengaruh nyata pada taraf 1%), * (berpengaruh nyata pada taraf 5%), tn (tidak berpengaruh nyata).

Rekapitulasi hasil analisis ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa interaksi lama perendaman dengan invigorasi *osmoconditioning* memberikan pengaruh yang nyata hanya pada tolok ukur keserempakan tumbuh dan panjang hipokotil. Faktor tunggal invigorasi *osmoconditioning* memberikan pengaruh yang sangat nyata pada tolok ukur daya berkecambah, keserempakan tumbuh dan bobot kering kecambah normal, serta berpengaruh nyata terhadap kecepatan tumbuh, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap indeks vigor, panjang hipokotil dan panjang akar. Faktor tunggal lama perendaman memberikan pengaruh yang sangat nyata pada tolok ukur keserempakan tumbuh dan panjang hipokotil, serta berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah, indeks vigor dan panjang akar, tetapi tidak

berpengaruh nyata terhadap kecepatan tumbuh dan bobot kering kecambah normal.

Pengaruh Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Viabilitas Benih

Hasil uji lanjut interaksi antara lama perendaman dan invigorasi *osmoconditioning* terhadap tolok ukur keserempakan tumbuh dan panjang hipokotil masing-masing disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Pengaruh Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Keserempakan Tumbuh (%)

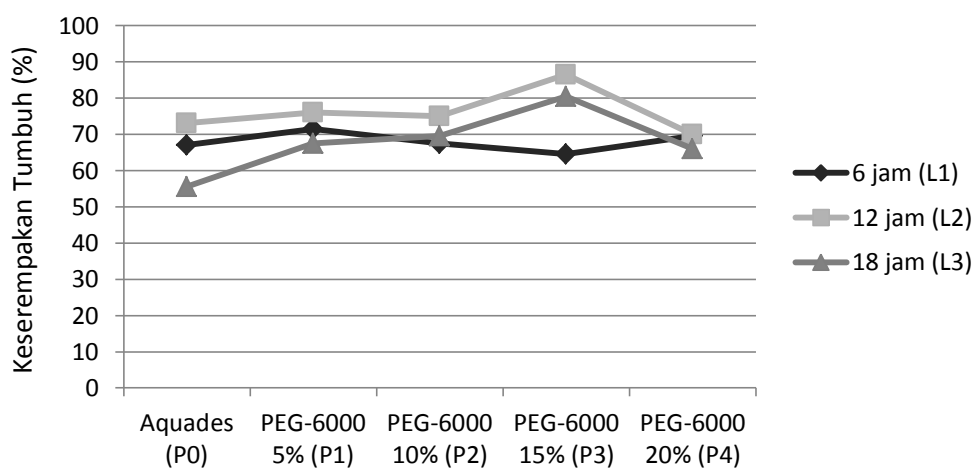
Lama perendaman	Aquades (P0)	PEG-6000			
		5% (P1)	10% (P2)	15% (P3)	20% (P4)
6 jam (L1)	67,00 b	71,50 a	67,50 a	64,50 a	69,50 a
	A	A	A	A	A
12 jam (L2)	73,00 b	76,00 a	75,00 a	86,50 b	70,00 a
	A	AB	A	B	A
18 jam (L3)	55,50 a	67,50 a	69,50 a	80,50 b	66,00 a
	A	B	BC	C	AB
BNT 5%		11,01			

Keterangan: Pada baris yang sama, angka-angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%.

Pada kolom yang sama, angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%.

Berdasarkan data pada Tabel 3, benih yang direndam menggunakan larutan aquades dengan lama perendaman 6 dan 12 jam, menghasilkan nilai keserempakan tumbuh yang tidak berbeda nyata. Kemudian, nilai tersebut mengalami penurunan yang nyata ketika waktu perendaman ditambah menjadi 18 jam. Sementara itu, perendaman benih menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% selama 12 jam, mampu meningkatkan nilai keserempakan tumbuh dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan lama perendaman 6 jam. Kemudian, ketika waktu perendaman ditambah menjadi 18 jam, nilai tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan waktu perendaman selama 12 jam. Sedangkan untuk benih yang direndam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 5, 10 dan 20% dengan waktu perendaman selama 6, 12 maupun 18 jam, masing-masing menghasilkan nilai yang tidak berbeda nyata.

Pada benih yang direndam selama 6 jam, baik yang menggunakan larutan aquades, PEG-6000 konsentrasi 5, 10, 15 maupun 20%, seluruhnya menghasilkan nilai keserempakan tumbuh yang tidak berbeda nyata. Hasil yang berbeda diperlihatkan oleh benih yang direndam selama 12 dan 18 jam. Pada kedua waktu perendaman tersebut, nilai keserempakan tumbuh mengalami peningkatan dan berbanding lurus dengan tingkat konsentrasi pada perlakuan invigorasi *osmoconditioning*. Akan tetapi, terjadi penurunan nilai secara nyata ketika benih yang direndam selama 12 dan 18 jam dikombinasikan dengan larutan PEG-6000 konsentrasi 20%. Grafik perubahan nilai keserempakan tumbuh akibat interaksi lama perendaman dan invigorasi *osmoconditioning* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perubahan Nilai Keserempakan Tumbuh (%) Akibat Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning*



Gambar 2. Keserempakan Tumbuh Benih Perlakuan (a) L2P3 dan (b) L3P0

Bedasarkan data yang disajikan pada Gambar 1, terlihat bahwa benih yang diberi perlakuan invigorasi *osmoconditioning* dengan lama perendaman 12 jam, masing-masing menghasilkan nilai keserempakan tumbuh yang paling tinggi.

Perendaman benih selama 12 jam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% (L2P3) (Gambar 2), menghasilkan nilai keserempakan tumbuh tertinggi yaitu sebesar 86,50% dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Tetapi nilai tersebut tidak berbeda nyata dibandingkan benih yang direndam selama 18 jam dengan menggunakan larutan yang sama (L3P3) dan perendaman benih selama 12 jam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 5% (L2P1). Nilai terendah dihasilkan dari benih yang direndam selama 18 jam menggunakan larutan aquades (L3P0) yaitu sebesar 55,50%, tetapi nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan perendaman benih selama 6 jam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% (L1P3) dan perendaman benih selama 18 jam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 20% (L3P4).

Tabel 4. Pengaruh Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Panjang Hipokotil (cm)

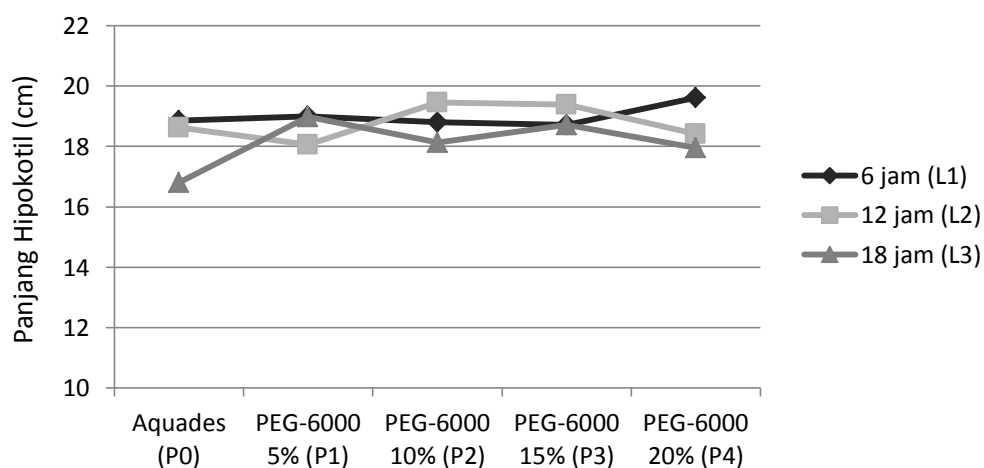
Lama perendaman	Aquades (P0)	PEG-6000			
		5% (P1)	10% (P2)	15% (P3)	20% (P4)
6 jam (L1)	18,86 b A	18,99 a A	18,81 ab A	18,71 a A	19,61 b A
12 jam (L2)	18,63 b AB	18,06 a A	19,45 b B	19,39 a B	18,41 ab AB
18 jam (L3)	16,81 a A	18,98 a B	18,14 a B	18,71 a B	17,96 a AB
BNT 5%			1,23		

Keterangan: Pada baris yang sama, angka-angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%.
Pada kolom yang sama, angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5%.

Pada tolok ukur panjang hipokotil (Tabel 4), perendaman benih yang menggunakan larutan aquades dan PEG-6000 konsentrasi 10%, dengan waktu perendaman selama 6 dan 12 jam, masing-masing menghasilkan nilai yang tidak berbeda nyata. Kemudian, terdapat penurunan nilai secara nyata ketika waktu perendaman ditambah menjadi 18 jam. Berbeda halnya dengan benih yang direndam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 5 dan 15%, masing-masing menghasilkan nilai yang tidak berbeda nyata ketika direndam selama 6, 12 maupun 18 jam. Sedangkan untuk benih yang direndam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 20%, perendaman selama 6 jam menghasilkan nilai yang

tidak berbeda nyata dengan perendaman selama 12 jam, dan lama perendaman 12 jam memberikan nilai yang tidak berbeda nyata pula dengan perendaman selama 18 jam.

Pada benih yang direndam selama 6 jam, baik yang menggunakan larutan aquades, PEG-6000 konsentrasi 5, 10, 15 maupun 20%, seluruhnya menghasilkan nilai panjang hipokotil yang tidak berbeda nyata. Hal berbeda ditunjukkan oleh benih yang direndam selama 12 jam, perendaman menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 5% menyebabkan nilai panjang hipokotil mengalami penurunan, dan nilainya tidak berbeda nyata dengan penggunaan larutan aquades serta PEG-6000 konsentrasi 20%. Kemudian, terdapat peningkatan nilai secara nyata pada benih yang direndam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 10%, nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan penggunaan larutan aquades, PEG-6000 konsentrasi 15 dan 20%. Sedangkan pada lama perendaman benih 18 jam, penggunaan larutan aquades menghasilkan nilai panjang hipokotil yang paling rendah dan tidak berbeda nyata dengan penggunaan larutan PEG-6000 konsentrasi 20%. Nilai mengalami peningkatan secara nyata ketika benih direndam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 5%, nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan penggunaan larutan PEG-6000 konsentrasi 10, 15 dan 20%. Grafik perubahan nilai panjang hipokotil akibat interaksi lama perendaman dan invigorasi *osmoconditioning* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perubahan Nilai Panjang Hipokotil (cm) Akibat Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning*

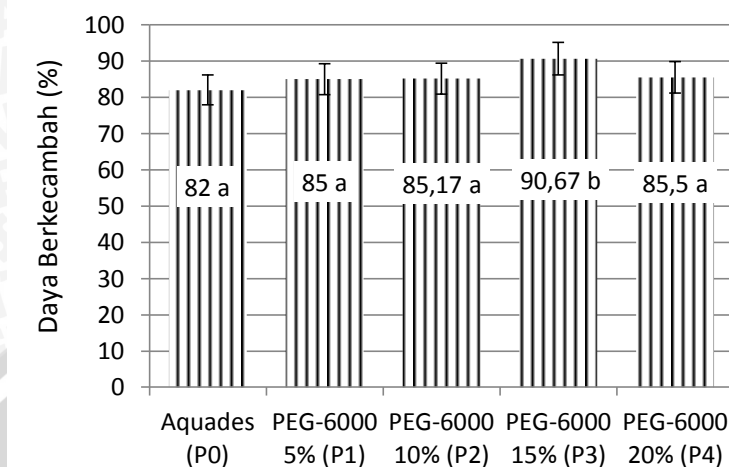
Berdasarkan data yang ditampilkan Gambar 3, benih yang direndam selama 6 jam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 20% (L1P4), menghasilkan nilai panjang hipokotil tertinggi yaitu sebesar 19,61 cm dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan perendaman selama 12 jam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 5% (L2P1), serta perlakuan menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 20% (L3P4), 10% (L3P2) dan aquades (L3P0) pada lama perendaman yang sama, yaitu selama 18 jam. Nilai panjang hipokotil terkecil dihasilkan dari benih yang direndam selama 18 jam menggunakan larutan aquades (L3P0) yaitu sebesar 16,81 cm, tetapi nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan benih yang menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 20% pada waktu perendaman yang sama (L3P4) dan benih yang direndam selama 12 jam menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 5% (L2P1).

Pengaruh Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Viabilitas Benih

Hasil uji lanjut pengaruh faktor tunggal invigorasi *osmoconditioning* terhadap tolok ukur daya berkecambah, kecepatan tumbuh dan bobot kering kecambah normal disajikan masing-masing pada Gambar 4 sampai dengan 6. Secara umum hasil tersebut menunjukkan bahwa, faktor tunggal invigorasi *osmoconditioning* menghasilkan pengaruh yang sama terhadap ketiga tolok ukur. Penambahan konsentrasi larutan PEG-6000, berbanding lurus terhadap peningkatan nilai tolok ukur daya berkecambah, kecepatan tumbuh dan bobot kering kecambah normal. Akan tetapi, semua nilai tolok ukur memperlihatkan penurunan ketika konsentrasi larutan PEG-6000 ditambah menjadi 20%.

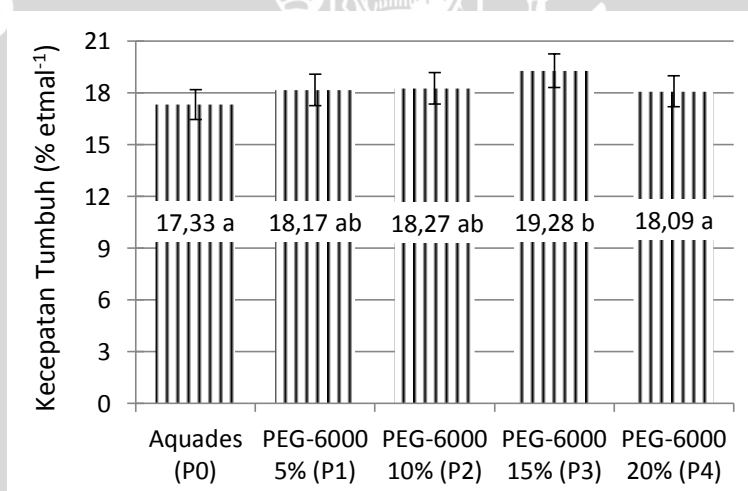
Daya berkecambah (%) benih yang mendapatkan perlakuan invigorasi dengan larutan aquades (P0), PEG-6000 konsentrasi 5% (P1), 10% (P2), 15% (P3) dan 20% (P4) masing-masing adalah 82,00; 85,00; 85,17; 90,67 dan 85,50. Berdasarkan data pada Gambar 4, perlakuan invigorasi menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% (P3) menghasilkan nilai daya berkecambah tertinggi yaitu sebesar 90,67% dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan invigorasi yang lain (P0, P1, P2 dan P4). Nilai daya berkecambah terendah dihasilkan oleh benih yang diberi perlakuan aquades (P0) yaitu sebesar 82,00%

dan nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan invigorasi menggunakan larutan PEG-6000 dengan konsentrasi 5% (P1), 10% (P2) dan 20% (P4).



Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5% = 4,25.

Gambar 4. Pengaruh Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Daya Berkecambah

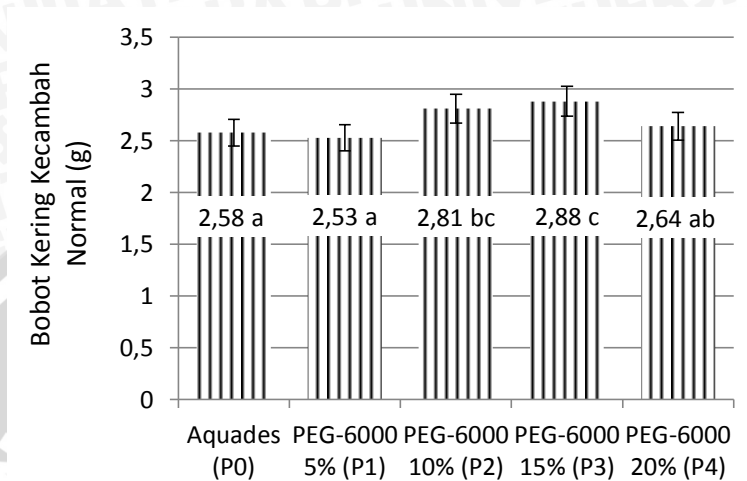


Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5% = 1,12.

Gambar 5. Pengaruh Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Kecepatan Tumbuh

Nilai kecepatan tumbuh (% etmal⁻¹) benih yang mendapat perlakuan invigorasi dengan larutan aquades (P0), PEG-6000 konsentrasi 5% (P1), 10% (P2), 15% (P3) dan 20% (P4) masing-masing adalah 17,33; 18,17; 18,27; 19,28 dan 18,09. Data yang disajikan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa, perlakuan invigorasi menggunakan PEG-6000 konsentrasi 15% (P3) menghasilkan nilai kecepatan tumbuh tertinggi yaitu sebesar 19,28% etmal⁻¹ dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan aquades (P0), tetapi tidak berbeda nyata

dibandingkan perlakuan PEG-6000 konsentrasi 5% (P1) dan 10% (P2). Nilai kecepatan tumbuh terendah dihasilkan oleh benih yang diberi perlakuan aquades (P0) yaitu sebesar $17,33\% \text{ etmal}^{-1}$ dan nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan invigorasi PEG-6000 konsentrasi 5% (P1), 10% (P2) dan 20% (P4).



Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5% = 0,19.

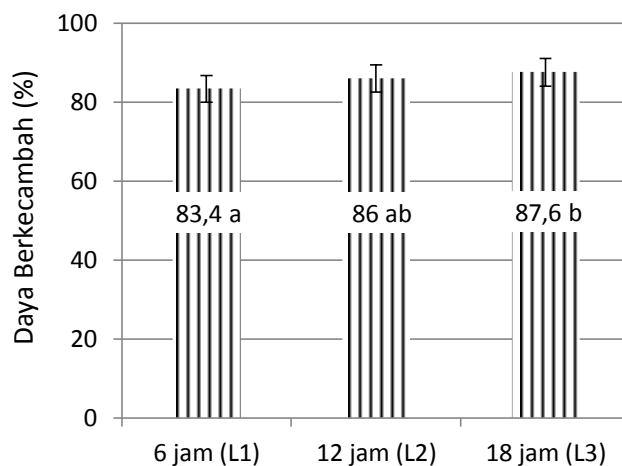
Gambar 6. Pengaruh Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Bobot Kering Kecambah Normal

Nilai bobot kering kecambah normal (g) pada benih yang mendapat perlakuan invigorasi dengan larutan aquades (P0), PEG-6000 konsentrasi 5% (P1), 10% (P2), 15% (P3) dan 20% (P4) masing-masing adalah 2,58; 2,53; 2,81; 2,88 dan 2,64. Pada Gambar 6 terlihat bahwa perlakuan invigorasi menggunakan PEG-6000 konsentrasi 15% (P3) menghasilkan nilai bobot kering kecambah normal tertinggi yaitu sebesar 2,88g dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan aquades (P0), PEG-6000 konsentrasi 5% (P1) dan 20% (P4), tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan perlakuan PEG-6000 konsentrasi 10% (P2). Nilai bobot kering kecambah normal terendah dihasilkan oleh benih yang diberi perlakuan PEG-6000 konsentrasi 5% (P1) yaitu sebesar 2,53g dan nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan benih yang diberi perlakuan invigorasi menggunakan aquades (P0) dan PEG-6000 konsentrasi 20% (P4).

Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Viabilitas Benih

Hasil uji lanjut pengaruh faktor tunggal lama perendaman terhadap tolok ukur daya berkecambah, indeks vigor dan panjang akar disajikan pada Gambar 7

sampai dengan 9. Hasil tersebut menunjukkan bahwa, pengaruh faktor tunggal lama perendaman memberikan hasil yang berbeda-beda terhadap ketiga tolok ukur.



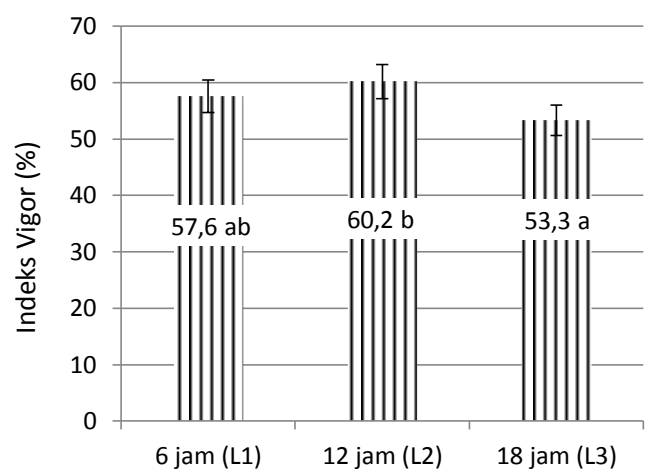
Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5% = 3,29.

Gambar 7. Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Daya Berkecambah

Daya berkecambah (%) benih yang mendapatkan perlakuan perendaman selama 6 jam (L1), 12 jam (L2) dan 18 jam (L3) masing-masing adalah 83,40; 86,00 dan 87,60. Berdasarkan data pada Gambar 7, penambahan waktu perendaman benih berbanding lurus terhadap nilai daya berkecambah benih. Perendaman benih hingga 18 jam (L3), secara nyata meningkatkan nilai daya berkecambah. Perendaman benih selama 18 jam (L3) menghasilkan nilai daya berkecambah tertinggi, yaitu sebesar 87,60% dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan perendaman selama 6 jam (L1), tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan perendaman selama 12 jam (L2). Nilai daya berkecambah terendah dihasilkan oleh benih yang direndam selama 6 jam (L1), yaitu sebesar 83,40% dan nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan benih yang direndam selama 12 jam (L2).

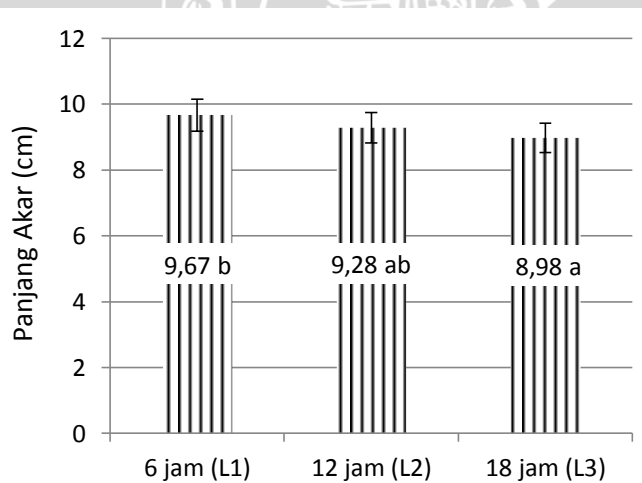
Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh tolok ukur indeks vigor. Nilai indeks vigor (%) benih yang mendapatkan perlakuan perendaman selama 6 jam (L1), 12 jam (L2) dan 18 jam (L3) masing-masing adalah 57,60; 60,20 dan 53,30. Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 8 memperlihatkan bahwa, perendaman benih hingga 12 jam (L2) dapat meningkatkan nilai indeks vigor. Akan tetapi, nilai tersebut mengalami penurunan secara nyata, ketika waktu perendaman benih

ditambah menjadi 18 jam (L3). Perendaman benih selama 12 jam (L2) memberikan nilai indeks vigor tertinggi, yaitu sebesar 60,20% dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan perendaman selama 18 jam (L3), tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan perendaman selama 6 jam (L1). Nilai indeks vigor terendah dihasilkan oleh benih yang direndam selama 18 jam (L3), yaitu sebesar 53,30% dan nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan benih yang direndam selama 6 jam (L1).



Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5% = 4,79.

Gambar 8. Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Indeks Vigor



Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 5% = 0,46.

Gambar 9. Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Panjang Akar

Perbedaan yang sama juga diperlihatkan oleh tolok ukur panjang akar. Nilai panjang akar (cm) pada benih yang mendapatkan perlakuan perendaman

selama 6 jam (L1), 12 jam (L2) dan 18 jam (L3) masing-masing adalah 9,67; 9,28 dan 8,98. Data yang disajikan pada Gambar 9 memperlihatkan bahwa, penambahan waktu perendaman benih berbanding terbalik terhadap nilai panjang akar. Perendaman benih hingga 18 jam (L3), secara nyata dapat menurunkan nilai panjang akar. Perendaman benih selama 6 jam (L1) memberikan nilai panjang akar tertinggi, yaitu sebesar 9,67 cm dan secara nyata lebih tinggi dibandingkan perendaman selama 18 jam (L3), tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan perendaman selama 12 jam (L2). Nilai panjang akar terendah dihasilkan oleh benih yang direndam selama 18 jam, yaitu sebesar 8,98 cm dan nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan benih yang direndam selama 12 jam (L2).

4.2 Pembahasan

Pengaruh Interaksi Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Viabilitas Benih

Perkecambahan merupakan batas antara benih yang masih tergantung pada sumber makanan dari induknya dengan tanaman yang mampu berdiri sendiri dalam mengambil unsur hara. Proses perkecambahan benih merupakan suatu rangkaian kompleks dari perubahan morfologi, fisiologi dan biokimia. Perkecambahan benih dimulai dari proses penyerapan air oleh benih diikuti melunaknya kulit benih. Setelah benih menyerap air, maka akan menghasilkan hormon tumbuh *giberelic acid* (GA) yang berfungsi untuk menstimulir kegiatan enzim-enzim di dalam benih (Ai dan Ballo, 2010). Enzim tersebut meliputi enzim amylase yang merombak pati menjadi gula seperti glukosa, fruktosa atau sukrosa. Enzim lipase merombak lemak menjadi gliserin dan asam lemak, serta enzim protease merombak protein menjadi asam amino (Ruliyansyah, 2011). Selain itu, respirasi benih juga ikut naik, proses ini sangat diperlukan dalam pembokaran zat makanan untuk mendapatkan energi dalam bentuk ATP, yang nantinya digunakan dalam proses perkecambahan benih (Putih *et al.*, 2009). Setelah peruraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein tersebut selesai, kemudian ditransportasikan ke *embrionic axis* sebagai bahan energi bagi kegiatan pembentukan komponen dan pertumbuhan sel-sel baru. Energi yang dilepaskan

ini sebagian dipakai untuk aktifitas lain dalam proses perkecambahan benih, yaitu penembusan kulit benih oleh radikula (Putih *et al.*, 2009; Ai dan Ballo, 2010).

Penyerapan air dalam benih mengikuti pola *triphasic* (3 fase), yang mana diawali oleh penyerapan air secara cepat yang dikenal sebagai imbibisi (fase I), diikuti oleh *lag* fase (fase II), kemudian penyerapan air yang kedua terkait dengan pertumbuhan kecambah (fase III) (Assefa, 2008). Girolamo dan Barbanti (2012) menjelaskan, penyerapan air pada fase I berlangsung cepat, dikarenakan adanya perbedaan potensial antara air dan benih, air memiliki nilai potensial sebesar 0 Mpa sedangkan nilai potensial pada benih (khususnya orthodox) antara -50 dan -350 Mpa. Pada fase II, penyerapan air berlangsung lambat, karena potensial air benih dengan lingkungannya dalam keadaan seimbang, tetapi metabolisme benih secara aktif berlangsung. Pada fase III penyerapan air kembali naik, yang mana proses perkecambahan telah lengkap ditandai oleh munculnya radikula. Akan tetapi menurut Powell (1998), penyerapan air yang diawali secara cepat (fase I), justru dapat berdampak negatif bagi benih yang telah lama disimpan. Karena benih yang telah lama disimpan mengalami kemunduran mutu, ditandai dengan kerusakan pada membran sel. Sehingga perlu penanganan khusus terhadap benih yang telah mengalami kemunduran. Menurut Anwar *et al.* (1999), perlakuan *osmoconditioning* dapat meningkatkan viabilitas benih yang telah mengalami kemunduran.

Osmoconditioning adalah suatu metode yang mengimbibisikan benih dalam suatu larutan osmotik rendah yang memungkinkan terjadinya penyerapan air secara terkendali (Anwar *et al.*, 1999). Perlakuan *osmoconditioning* merupakan perendaman benih pada larutan dengan potensial air yang rendah. Varier *et al.* (2010) berpendapat, walaupun direndam pada larutan tersebut, secara umum pola penyerapan air (*triphasic*) pada benih yang diberi perlakuan *osmoconditioning* tidak berbeda dibandingkan dengan benih tanpa perlakuan, hanya saja laju penyerapan air diperlambat dan dikendalikan. *Osmoconditioning* menyebabkan potensial lingkungan benih menjadi lebih rendah, sehingga laju serapan air pada awal imbibisi (fase I) dapat diperlambat. Sivasubramaniam *et al.* (2011) menambahkan, selanjutnya saat memasuki fase II, durasi pada fase tersebut dapat diperpanjang. Durasi yang panjang pada fase II ini dibutuhkan bagi benih yang

telah mengalami kemunduran, karena benih tersebut membutuhkan waktu untuk dapat memperbaiki metabolisemenya sebelum memasuki fase III. Oleh karena itu, jika benih yang mengalami kemunduran berimbibisi secara cepat, akan menyebabkan kebocoran membran sel. Kebocoran ini menyebabkan benih menjadi kekurangan bahan yang dapat dirombak untuk menghasilkan energi, yang dibutuhkan untuk proses perkecambahan, akibatnya akan banyak ditemukan kecacahan abnormal atau bahkan benih yang tidak mampu berkecambah sama sekali (Ruliyansyah, 2011).

Perlakuan *osmoconditioning* pada benih bertujuan untuk menghasilkan kecambah yang tumbuh cepat dan serempak, serta untuk memperbaiki persentase perkecambahan pada benih yang mengalami kemunduran (Powell, 1998). Menurut Arif *et al.* (2014), hal tersebut dikarenakan benih yang diberi perlakuan *osmoconditioning* terlebih dahulu dapat menyelesaikan proses metabolisme pra perkecambahan sebelum benih ditanam (fase II), sehingga membuat benih siap untuk pemunculan radikula (calon akar) (fase III). Hasilnya adalah benih dapat berkecambah segera setelah ditanam. Selain itu, terjadi juga proses perbaikan metabolisme serta peningkatan integritas membran pada benih selama perlakuan berlangsung. Widajati (1999) menyatakan bahwa, perlakuan *osmoconditioning* secara efektif berpengaruh pada benih yang telah mengalami kemunduran, baik akibat lama penyimpanan (alami) maupun buatan (devigorasi), yaitu dengan nilai daya berkecambah (DB) berkisar antara 72 hingga 90% (bermutu sedang). Tetapi tidak berpengaruh pada benih yang viabilitasnya masih tinggi (DB>90%), karena kondisi organel-organel masih baik, demikian pula aktifitas enzim-enzim masih tinggi. Sedangkan pada benih yang viabilitasnya rendah (DB<72%), organel-organel sel pada benih sudah terlalu rusak, sehingga sulit untuk dipulihkan kembali. Dengan demikian, benih kedelai hitam varietas Detam 2 yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi syarat untuk diberikan perlakuan *osmoconditioning*, karena memiliki daya berkecambah sebesar 74,67%, dimana masih berada dikisaran benih bermutu sedang.

Pada penelitian ini, interaksi faktor lama perendaman dengan invigorasi *osmoconditioning* memberikan pengaruh yang nyata terhadap tolok ukur keserempakan tumbuh dan panjang hipokotil. Benih yang direndam selama

12 jam menggunakan larutan PEG-6000 dengan konsentrasi 15% (L2P3) memperlihatkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kombinasi perlakuan lainnya. Perlakuan *osmoconditioning* menggunakan PEG-6000 dengan konsentrasi 15% (P3) diperkirakan sudah dapat mengurangi nilai potensial lingkungan benih, sehingga mampu memperlambat dan mengendalikan laju imbibisi fase I benih kedelai hitam varietas Detam 2. Selanjutnya, perendaman benih selama 12 jam (L2), diduga merupakan waktu yang paling efektif bagi benih untuk dapat memperbaiki dan menyelesaikan proses metabolismenya pada fase II sebelum memasuki fase III yaitu pemunculan radikula. Hal tersebut ditunjukkan dengan tolok ukur keserempakan tumbuh yang menghasilkan nilai tertinggi, yaitu sebesar 86,50%. Menurut Sadjad (1994), kecambah yang tumbuh homogen atau serempak menandakan kekuatan tumbuh lot benih itu tinggi. Hasil tersebut didukung juga dengan nilai panjang hipokotil yang optimal, yaitu sebesar 19,39 cm. Hipokotil merupakan calon batang (Adie dan Krisnawati, 2007), yang mana pada saat berkecambah akan mengangkat kotiledon dan bersama-sama muncul ke atas permukaan tanah (Purcell *et al.*, 2014). Beberapa penelitian yang lain juga memperlihatkan hasil yang sama. Penelitian Widajati (1999) terhadap benih kedelai varietas Wilis, perendaman benih menggunakan larutan PEG-6000 dengan konsentrasi 26% selama 48 jam, mampu meningkatkan nilai keserempakan tumbuh hingga 10% dengan nilai awal 64,5%. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Nurmauli dan Nurmiaty (2010) terhadap benih kedelai varietas Anjasmoro, benih yang diberi perlakuan PEG-6000 dengan konsentrasi 10% selama 4 jam mampu meningkatkan nilai keserempakan tumbuh hingga 18,66% dengan nilai awal 28%.

Pengaruh Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Viabilitas Benih

Berdasarkan hasil penelitian, faktor tunggal invigorasi *osmoconditioning* memberikan pengaruh yang nyata terhadap tolok ukur kecepatan tumbuh, serta sangat nyata terhadap tolok ukur daya berkecambah dan bobot kering kecambah normal. Semua perlakuan pada faktor tunggal invigorasi *osmoconditioning* (P0, P1, P2, P3 dan P4) dapat meningkatkan daya berkecambah benih kedelai varietas Detam 2 diatas standar minimal daya berkecambah yang ditetapkan oleh Badan

Standardisasi Nasional (2003), yaitu sebesar 80%, dimana daya berkecambah benih sebelum diberi perlakuan adalah 74,67%. Dari semua perlakuan, benih yang direndam menggunakan PEG-6000 dengan konsentrasi 15% (P3) memberikan hasil yang paling baik.

Perendaman benih menggunakan PEG-6000 dengan konsentrasi 15% (P3), menghasilkan nilai daya berkecambah tertinggi, yaitu sebesar 90,67%. Ini berarti, terjadi peningkatan nilai sebesar 16% dari daya berkecambah awal yaitu 74,67%. Tolok ukur daya berkecambah menunjukkan kemampuan benih untuk berkembang menjadi tanaman normal pada kondisi lingkungan yang optimum (Copeland dan McDonald, 1995). Hasil tersebut didukung dengan tolok ukur kecepatan tumbuh yang menghasilkan nilai tertinggi, yaitu sebesar 19,28% etmal⁻¹. Nilai ini menandakan bahwa benih kedelai varietas Detam 2 dapat berkecambah secara maksimal (100%) dalam kurun waktu kurang dari 6 hari. Kecambah yang tumbuh cepat mengindikasikan bahwa proses metabolismenya berlangsung secara optimal (Sadjad, 1994). Hasil yang sama juga diperlihatkan oleh tolok ukur bobot kering kecambah normal yang menghasilkan nilai tertinggi, yaitu sebesar 2,88g. Nilai tersebut berbanding lurus dengan nilai daya berkecambah, hal ini didasarkan pada pengertian bahwa struktur tumbuh kecambah normal tentu mempunyai kesempurnaan tumbuh yang dicerminkan dari bobot bahan keringnya (Sadjad, 1994). Beberapa penelitian terkait penggunaan larutan PEG-6000 terhadap benih kedelai telah dilakukan. Penelitian Widajati (1999) terhadap varietas Wilis, penggunaan larutan PEG-6000 dengan konsentrasi 26% dapat meningkatkan nilai daya berkecambah hingga 14%, dengan nilai awal 87%. Hasil serupa diperlihatkan oleh penelitian Rouhi *et al.* (2011) terhadap cv. Sari, penggunaan larutan PEG-6000 -0,8 Mpa dapat meningkatkan nilai daya berkecambah sebesar 15%, dengan nilai awal 78%. Serta penelitian Sadeghi *et al.* (2011) terhadap cv. 033, penggunaan larutan PEG-6000 -1,2 Mpa dapat meningkatkan daya berkecambah sebesar 8% (DB awal 83%) dan bobot kering kecambah normal yaitu sebesar 0,63g (BKKN awal 1,043g).

Jenis larutan merupakan faktor penting yang menentukan efektifitas dari perlakuan *osmoconditioning*. Pada penelitian ini, PEG-6000 digunakan sebagai perlakuan karena merupakan senyawa yang dapat menurunkan potensial osmotik

larutan melalui aktivitas matriks sub-unit etilena oksida, yang mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen (Nurmauli dan Nurmiaty, 2010; Syaiful *et al.*, 2012). Selain sifatnya yang mudah larut dalam air, PEG-6000 merupakan senyawa yang tidak beracun (Sivasubramaniam *et al.*, 2011). Girolamo dan Barbanti (2012) menjelaskan, besarnya molekul (6000) yang dimiliki mencegah PEG untuk memasuki jaringan dan embrio benih, sehingga tidak meracuni benih. Menurut Sadeghi *et al.* (2011), perendaman benih dengan larutan PEG-6000 lebih baik dibandingkan dengan menggunakan aquades. Pada penelitiannya terhadap benih kedelai cv. 033, perendaman benih menggunakan aquades menghasilkan nilai daya berkecambah (84,75%) dan bobot kering kecambah normal (1,096g) yang lebih rendah dibandingkan perlakuan PEG-6000. Hasil yang sama juga diperlihatkan pada penelitian ini, benih yang direndam dengan aquades (P0) menghasilkan nilai daya berkecambah (82%), kecepatan tumbuh ($17,33\% \text{ etmal}^{-1}$) dan bobot kering kecambah normal (2,58g) yang lebih rendah dibandingkan perlakuan PEG-6000. Nurmauli dan Nurmiaty (2010) berpendapat, perendaman dengan aquades dapat memperbesar tekanan turgor yang mengakibatkan pecahnya kulit benih sehingga laju imbibisi pada benih tidak terkendali oleh membran sel. Membran sel yang menyerap air terlalu tinggi akan mengganggu aktivitas metabolisme pada benih, sehingga dapat menghambat proses perkecambahan. Penggunaan PEG-6000 sebagai perlakuan *osmoconditioning* memang relatif aman bagi benih. Hanya saja, jika konsentrasinya terlalu tinggi justru dapat menurunkan viabilitas benih, namun tidak sampai menyebabkan kematian pada benih (Girolamo dan Barbanti, 2012). Terlihat pada penelitian ini, penambahan konsentrasi PEG-6000 menjadi 20% (P4) sebagai perlakuan, menyebabkan penurunan nilai daya berkecambah (85,50%), kecepatan tumbuh ($18,09\% \text{ etmal}^{-1}$) dan bobot kering kecambah normal (2,64g). Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Nurmauli dan Nurmiaty (2010) terhadap benih kedelai varietas Anjasmoro, penggunaan larutan PEG-6000 dengan konsentrasi 20% memperlihatkan nilai daya berkecambah yang lebih rendah (76,67%), dibandingkan dengan konsentrasi 10% (78,67%). Menurutny, hal ini dikarenakan konsentrasi yang tinggi pada larutan PEG-6000 mengakibatkan nilai potensial osmotik di sekitar benih menjadi semakin negatif, sehingga air sulit diserap oleh benih. Rendahnya nilai potensial

osmotik larutan, dapat menghambat proses imbibisi pada fase I, sehingga menyebabkan proses metabolisme pada fase II ikut terhambat. Akibatnya, nutrisi dan energi yang dihasilkan untuk perkecambahan menjadi lebih sedikit dan pembentukan struktur baru ikut terhambat.

Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Viabilitas Benih

Durasi atau lamanya perendaman merupakan salah satu faktor yang menentukan efektifitas dari perlakuan *osmoconditioning*. Lamanya perendaman berhubungan dengan proses imbibisi dalam benih. Karena selama perendaman terjadi perbaikan dan penyelesaian proses metabolisme benih (Assefa, 2008; Nurmauli dan Nurmiaty, 2010). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor tunggal lama perendaman memberikan pengaruh yang nyata terhadap tolok ukur daya berkecambah, indeks vigor dan panjang akar. Benih yang direndam selama 12 jam (L2) memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perendaman 6 (L1) dan 18 jam (L3). Hal ini ditunjukkan oleh nilai daya berkecambah yang dihasilkan yaitu sebesar 86,00%. Kemudian, hasil tersebut didukung oleh nilai indeks vigor yang tertinggi, yaitu sebesar 60,20%. Nilai indeks vigor didapatkan berdasarkan nilai kecambah normal yang dihasilkan pada hitungan pertama (Copeland dan McDonald, 1995), untuk benih kedelai yaitu hari ke-5 berdasarkan perhitungan daya berkecambah benih (Dirjen Tanaman Pangan, 2010). Berdasarkan hal tersebut, benih varietas kedelai Detam 2 yang direndam selama 12 jam mampu menghasilkan kecambah normal sebesar 60,20% dalam kurun waktu 5 hari. Menurut Copeland dan McDonald (1995), nilai indeks vigor adalah nilai yang dapat mewakili kecepatan perkecambahan benih. Benih yang berkecambah cepat mengindikasikan benih tersebut vigor. Benih yang vigor mampu tumbuh pada berbagai macam kondisi di lapangan (Sadjad, 1994). Hasil tersebut juga didukung oleh tolok ukur panjang akar. Perendaman benih selama 12 jam menghasilkan nilai panjang akar yang optimal, yaitu sebesar 9,28 cm. Purcell *et al.* (2014) menjelaskan bahwa, akar adalah struktur pertama yang muncul pada proses perkecambahan. Akar yang optimal diperlukan dalam mendukung kehidupan tanaman, karena berfungsi sebagai penyerap unsur hara (Adie dan Krisnawati 2007). Penelitian lain terkait faktor lama perendaman terhadap benih kedelai pun

telah dilaporkan. Penelitian Sadeghi *et al.* (2011) terhadap cv. 033 yang direndam selama 12 jam menghasilkan daya berkecambah yang paling tinggi dibandingkan waktu perendaman yang lainnya, yaitu sebesar 90,22%. Serta penelitian El-Abady *et al.* (2014) terhadap benih kedelai cv. Giza 35, perendaman selama 6 jam memberikan nilai daya berkecambah yang paling tinggi dibandingkan waktu perendaman lainnya, yaitu sebesar 84,2%.

Pada penelitian ini, perendaman benih selama 6 jam (L1) belum memperlihatkan hasil yang efektif. Hal ini ditunjukkan oleh nilai daya berkecambah yang dihasilkan, merupakan yang paling rendah jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya, yaitu sebesar 83,40%. Hal ini pun dirasakan oleh Syaiful *et al.* (2012) terhadap benih kedelai varietas Anjasmoro yang diberi perlakuan *osmoconditioning*. Perendaman benih selama 6 jam dengan berbagai konsentrasi PEG-6000, memberikan hasil yang tidak berbeda nyata pada semua tolak ukur pengamatan. Menurutnya, ini disebabkan oleh singkatnya waktu perendaman belum cukup untuk dapat lebih cepat memacu terjadinya perubahan biokimia dalam benih yang berkaitan dengan proses perkecambahan. Di sisi lain menurut Ruliyansyah (2011), perlakuan perendaman benih dengan waktu yang terlalu lama juga dapat berpengaruh negatif terhadap viabilitas benih. Ini disebabkan karena perendaman yang terlalu lama dapat mengurangi ketersediaan oksigen yang diperlukan dalam proses respirasi benih. Oksigen pada proses respirasi sangat diperlukan dalam proses pembongkaran zat makanan untuk mendapatkan energi, yang nantinya digunakan untuk proses perkecambahan seperti pembentukan akar. Sehingga, proses respirasi yang tidak maksimal menyebabkan energi yang dihasilkan akan berkurang, akibatnya adalah perkecambahan dan pertumbuhan akar menjadi terhambat. Terlihat pada penelitian ini, perendaman selama 18 jam (L3) menghasilkan nilai indeks vigor dan panjang akar yang paling rendah, masing-masing adalah 53,30% dan 8,98 cm. Hasil yang sama juga diperlihatkan oleh El-Abady *et al.* (2014) terhadap benih kedelai cv. Giza 35, perendaman benih selama 18 jam menghasilkan nilai panjang kecambah (18,4 cm) dan daya berkecambah (78,6%) yang paling rendah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, interaksi antara perlakuan invigorasi *osmoconditioning* dan lama perendaman berpengaruh nyata terhadap tolok ukur keserempakan tumbuh dan panjang hipokotil. Perlakuan benih yang menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% dengan perendaman selama 12 jam (L2P3), secara efektif menghasilkan nilai keserempakan tumbuh (86,50%) yang paling tinggi dan panjang hipokotil (19,39 cm) yang optimal.

Faktor tunggal invigorasi *osmoconditioning* berpengaruh nyata terhadap tolok ukur daya berkecambah, kecepatan tumbuh dan bobot kering kecambah normal. Penggunaan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% (P3), secara efektif mampu menghasilkan nilai daya berkecambah (90,67%), kecepatan tumbuh (19,28% etmal⁻¹) dan bobot kering kecambah normal (2,88g) yang paling tinggi.

Faktor tunggal lama perendaman memberikan pengaruh yang nyata terhadap tolok ukur daya berkecambah, indeks vigor dan panjang akar. Lama perendaman selama 12 jam (L2), memberikan nilai daya berkecambah (86,00%), indeks vigor (60,20%) dan panjang akar (9,28 cm) yang optimal.

5.2 Saran

Untuk menghadapi benih kedelai hitam varietas Detam 2 yang mengalami kemunduran dan masih dalam kisaran benih bermutu sedang, viabilitas benihnya dapat ditingkatkan dengan perlakuan *osmoconditioning* menggunakan larutan PEG-6000 konsentrasi 15% yang direndam selama 12 jam.

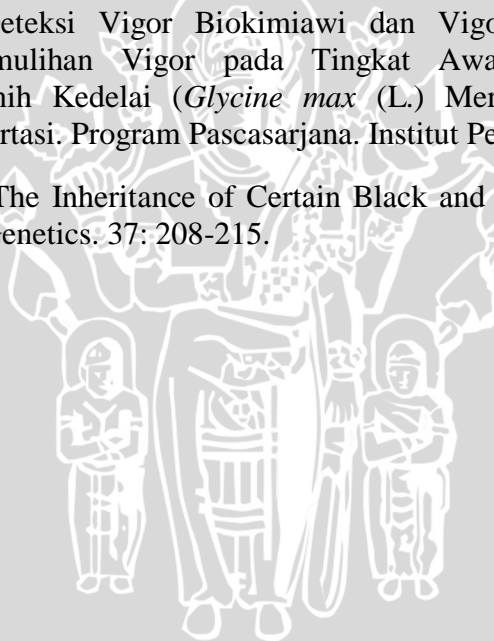
Penelitian lain perlu dilakukan untuk melihat pengaruh perlakuan invigorasi *osmoconditioning* terhadap viabilitas benih kedelai hitam dengan varietas, serta penggunaan larutan osmotik yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adie, M. M dan A. Krisnawati. 2007. Biologi Tanaman Kedelai, hal 45-73. Dalam Sumarno, Suyamto, A. Widjono, Hermanto, dan H. Kasim. Kedelai, Teknik Produksi dan Pengembangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Adie, M. M., Suharsono dan Sudaryono. 2009. Prospek Kedelai Hitam Varietas Detam-1 dan Detam-2. Buletin Palawija. 18: 66-72.
- Ai, N. S dan M. Ballo. 2010. Peranan Air dalam Perkecambahan Biji. Jurnal Ilmiah Sains. 10(2): 190-195.
- Anwar, A., T. Bustamam dan H. Julindra. 1999. Respon Benih Beberapa Varietas Kedelai Terhadap Perlakuan *Osmoconditioning*. Stigma. 7(3): 30-34.
- Arif, M., M. T. Jan, I. A. Milan, S. A. Khan, P. Hollington and D. Harris. 2014. Evaluating the Impact of Osmopriming Varying with Polyethylene Glycol Concentrations and Durations on Soybean. Int. J. Agric. Biol. 16(2): 359-364.
- Assefa, M. K. 2008. Effect of Seed Priming on Storability, Seed Yield And Quality of Soybean. Thesis. University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- Badan Standardisasi Nasional. 2003. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI-01-6234.1-2003. Benih Kedelai – Kelas Benih Penjenis (BS). Jakarta.
- Copeland, L. O and M. B. McDonald. 1995. Principles of Seed Science and Technology. Kluwer Academic Publisher. New York.
- Direktorat Jendral Tanaman Pangan. 2010. Metode Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura. Balai Besar Pengembangan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura. Kementerian Pertanian.
- El-Abady, M. I., S. E. Seadh and M. H. Ismael. 2014. Effect of Seed Osmopriming on Soybean Seed Quality During Storage. World Research Journal of Agronomy. 3(2): 89-95.
- Girolamo, G. D and L. Barbanti. 2012. Treatment Conditions and Biochemical Processes Influencing Seed Priming Effectiveness. Italian journal of Agronomy. 25(7): 178-188.
- HAM, Mulyono. 2006. Membuat Reagen Kimia di Laboratorium. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Haroen, A. M. 2010. Mimpi Swasembada Kedelai. Kabar Tani. Edisi 05: 4-5.
- Jyoti and C. P. Malik. 2013. Seed Deterioration. Int. J. LifeSc. Bt & Pharm. Res. 2(3): 374-385.

- Kartono. 2004. Teknik Penyimpanan Benih Kedelai Varietas Wilis pada Kadar Air dan Suhu Penyimpanan yang Berbeda. *Bul. Teknik Pertanian* 9(2): 79-82.
- Khan, A. A. 1992. Preplant Physiological Seed Conditioning. *Horticultural Reviews*. 13(4): 131-181.
- Nurmauli dan Y. Nurmiaty. 2010. Studi Metode Invigorasi pada Viabilitas Dua Lot Benih Kedelai yang Telah Disimpan Selama Sembilan Bulan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 15(1): 20-24.
- Powell, A. A. 1998. Seed Improvement by Selection and Invigoration. *Sci. Agric.* 55: 126-133.
- Prabha, D and J. S. Chauhan. 2014. Physiological Seed Enhancement Techniques. *Pop. Kheti*. 2(1): 162-163.
- Purcell, L. C., M. Salmeron and L. Ashlock. 2014. Soybean Growth and Development. *Arkansas Soybean production Handbook Chapter 2*.
- Putih, R., A. Anwar dan Y. Marleni. 2009. Pengaruh *Osmoconditioning* dengan PEG (*Polyethylene Glycol*) Terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Padi Lokal Ladang Merah. *Jerami*. 2(2): 242-248.
- Rouhi, H R., A. A. Surki, S. Z. Farzad, T. A. Reza, M. A. Aboutalebian and A. Goudarz. 2011. Study of Different Priming Treatments on Germination Traits of Soybean Seed Lots. *Not Sci Biol*. 3(1): 101-108.
- Ruliyansyah, A. 2011. Peningkatan Performansi Benih Kacangan dengan Perlakuan Invigorasi. *J. Tek. Perkebunan & PSDL*. 1: 13-18.
- Rusmin, D. 2007. Peningkatkan Viabilitas Benih Jambu Mete (*Anacardium occidentale* L.) Melalui Invigorasi. *Jurnal Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat*. 19(1): 56-63.
- Sadeghi, H., F. Khazaei, L. Yari and S. Sheidaei. 2011. Effect of Seed Osmopriming on Seed Germination Behavior and Vigor of Soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science*. 6(1): 39-43.
- Sadjad, S. 1993. *Dari Benih Kepada Benih*. PT. Grasindo. Jakarta.
- _____. 1994. *Kuantifikasi Metabolisme Benih*. PT. Grasindo. Jakarta.
- Sadjad, S., E. Murniati dan S. Ilyas. 1999. *Parameter Pengujian Vigor Benih dari Komparatif ke Simulatif*. PT. Grasindo. Jakarta.
- Sivasubramaniam, K., R. Geetha, K. Sujatha, K. Raja, A. Sripunitha and R. Selvarani. 2011. Seed Priming: Triumphs and Tribulation. *Madras Agric. J.* 98 : 197-209.
- Suprpto. 2001. *Bertanam Kedelai*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Sutopo, L. 2002. Teknologi Benih. CV. Rajawali Press. Jakarta.
- Syaiful, S. A., M. A. Ishak, N. E. Dungga dan M. Riadi. 2012. Peran *Conditioning* Benih dalam Meningkatkan Daya Adaptasi Tanaman Kedelai Terhadap Stres Kekeringan. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanudin.
- Tatipata, A., P. Yudono, A. Purwantoro dan W. Mangoendidjojo. 2004. Kajian Aspek Fisiologi dan Biokimia Deteriorasi Benih Kedelai dalam Penyimpanan. *J. Ilmu Pertanian* 11: 76-87.
- Tatipata, A. 2008. Pengaruh Kadar Air Awal, Kemasan dan Lama Simpan Terhadap Protein Membran dalam Mitokondria Benih Kedelai. *Bul. Agron.* 36(1): 8-16.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1992. Tentang Sistem Budidaya Tanaman.
- Varier, A., A. K. Vari and M. Dadlani. 2010. The Subcellular Basis of Seed Priming. *Current Science.* 99(4): 450-456.
- Widajati, E. 1999. Deteksi Vigor Biokimiawi dan Vigor Fisiologi Untuk Fenomena Pemulihan Vigor pada Tingkat Awal Deteriorasi dan Devigorasi Benih Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Melalui Proses Invigorasi. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Williams, L. F. 1952. The Inheritance of Certain Black and Brown Pigments in The Soybean. *Genetics.* 37: 208-215.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Kedelai Varietas Detam 2.

Dilepas tahun	: 2008
Nomor galur	: 9837/W-D-5-211
Asal	: Seleksi persilangan galur introduksi 9837 dengan Wilis
Sifat kualitatif	
Tipe tumbuh	: Determinit
Warna hipokotil	: Ungu
Warna epikotil	: Hijau
Warna bunga	: Ungu
Warna daun	: Hijau
Warna bulu	: Coklat tua
Warna kulit polong	: Coklat muda
Warna kulit biji	: Hitam
Warna hilum	: Coklat
Warna kotiledon	: Kuning
Bentuk daun	: Lonjong
Bentuk biji	: Lonjong
Kecerahan kulit biji	: Kusam
Sifat kuantitatif	
Umur bunga (hari)	: 34
Umur masak (hari)	: 82
Tinggi tanaman (cm)	: 57
Berat 100 biji (g)	: 13,54
Potensi hasil (t ha ⁻¹)	: 2,94
Hasil biji (t ha ⁻¹)	: 2,46
Kandungan nutrisi	
Protein (% bk)	: 45,58
Lemak (% bk)	: 14,83
Ketahanan terhadap	
Ulat grayak	: Peka
Penghisap polong	: Agak tahan
Kekeringan	: Agak tahan
Pemulia	: M. Muchlish Adie, Gatut Wahyu AS, Suyamto, Arifin

Lampiran 2. Gambaran Kombinasi dari Kedua Faktor Percobaan.

L2P1	L1P2	L1P4	L3P2	L3P3
L1P3	L3P0	L3P1	L1P1	L2P0
L1P0	L2P3	L2P4	L3P4	L2P2

Keterangan :

L1 = Perendaman selama 6 jam

L2 = Perendaman selama 12 jam

L3 = Perendaman selama 18 jam

P0 = Perendaman dengan aquades (kontrol)

P1 = Perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 5%

P2 = Perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 10%

P3 = Perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 15%

P4 = Perendaman dengan PEG-6000 konsentrasi 20%

Lampiran 3. Prosedur Pembuatan Larutan *Osmoconditioning*.

Larutan *osmoconditioning* dibuat dengan cara menimbang 300 g serbuk PEG-6000 terlebih dahulu, kemudian dilarutkan dengan 600 mL aquades (didapatkan larutan PEG-6000 konsentrasi 50%) sebagai larutan stok. Setelah itu, dilanjutkan proses pengenceran larutan stok untuk masing-masing konsentrasi menggunakan persamaan (HAM, 2006):

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

Keterangan:

V1 = volume larutan standar yang diencerkan (mL)

V2 = volume larutan pengenceran (mL)

M1 = konsentrasi larutan yang diencerkan (%)

M2 = konsentrasi larutan pengenceran (%)

- | | |
|--|---|
| <p>1. Larutan PEG-6000 5%</p> $V1 \times 50 = 600 \times 5$ $V1 = 3000 / 50$ $V1 = 60 \text{ mL}$ <p>(kemudian diencerkan dengan aquades hingga 600 mL, sehingga didapatkan larutan PEG-6000 konsentrasi 5%)</p> | <p>3. Larutan PEG-6000 15%</p> $V1 \times 50 = 600 \times 15$ $V1 = 9000 / 50$ $V1 = 180 \text{ mL}$ <p>(kemudian diencerkan dengan aquades hingga 600 mL, sehingga didapatkan larutan PEG-6000 konsentrasi 15%)</p> |
| <p>2. Larutan PEG-6000 10%</p> $V1 \times 50 = 600 \times 10$ $V1 = 6000 / 50$ $V1 = 120 \text{ mL}$ <p>(kemudian diencerkan dengan aquades hingga 600 mL, sehingga didapatkan larutan PEG-6000 konsentrasi 10%)</p> | <p>4. Larutan PEG-6000 20%</p> $V1 \times 50 = 600 \times 20$ $V1 = 12000 / 50$ $V1 = 240 \text{ mL}$ <p>(kemudian diencerkan dengan aquades hingga 600 mL, sehingga didapatkan larutan PEG-6000 konsentrasi 20%)</p> |

Lampiran 4. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Daya Berkecambah.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Lama perendaman (L)	2	179,73	89,87	3,36*	3,20	5,11
Perlakuan invigorasi (P)	4	470	117,5	4,39**	2,58	3,77
Interaksi (LxP)	8	427,6	53,45	2,00 ^m	2,15	2,94
Galat	45	1204	26,76			
Total	59	2281,33				

KK = 6,04%

Lampiran 5. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Kecepatan Tumbuh.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Lama perendaman (L)	2	5,51	2,76	1,48 ^m	3,20	5,11
Perlakuan invigorasi (P)	4	23,17	5,79	3,11*	2,58	3,77
Interaksi (LxP)	8	21,40	2,68	1,43 ^m	2,15	2,94
Galat	45	83,93	1,87			
Total	59	134,01				

KK = 7,49%

Lampiran 6. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Keserempakan Tumbuh.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Lama perendaman (L)	2	896,93	448,47	7,51**	3,20	5,11
Perlakuan invigorasi (P)	4	938,27	234,57	3,93**	2,58	3,77
Interaksi (LxP)	8	1073,73	134,22	2,25*	2,15	2,94
Galat	45	2687	59,71			
Total	59	5595,93				

KK = 10,94%

Lampiran 7. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Indeks Vigor.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Lama perendaman (L)	2	485,73	242,87	4,30*	3,20	5,11
Perlakuan invigorasi (P)	4	418,27	104,57	1,85 ^{tn}	2,58	3,77
Interaksi (LxP)	8	726,93	90,87	1,61 ^{tn}	2,15	2,94
Galat	45	2541	56,47			
Total	59	4171,93				

KK = 13,18%

Lampiran 8. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Bobot Kering Kecambah Normal.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Lama perendaman (L)	2	0,30	0,15	2,68 ^{tn}	3,20	5,11
Perlakuan invigorasi (P)	4	1,09	0,27	4,85**	2,58	3,77
Interaksi (LxP)	8	0,42	0,05	0,93 ^{tn}	2,15	2,94
Galat	45	2,53	0,06			
Total	59	4,34				

KK = 8,83%

Lampiran 9. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Panjang Hipokotil.

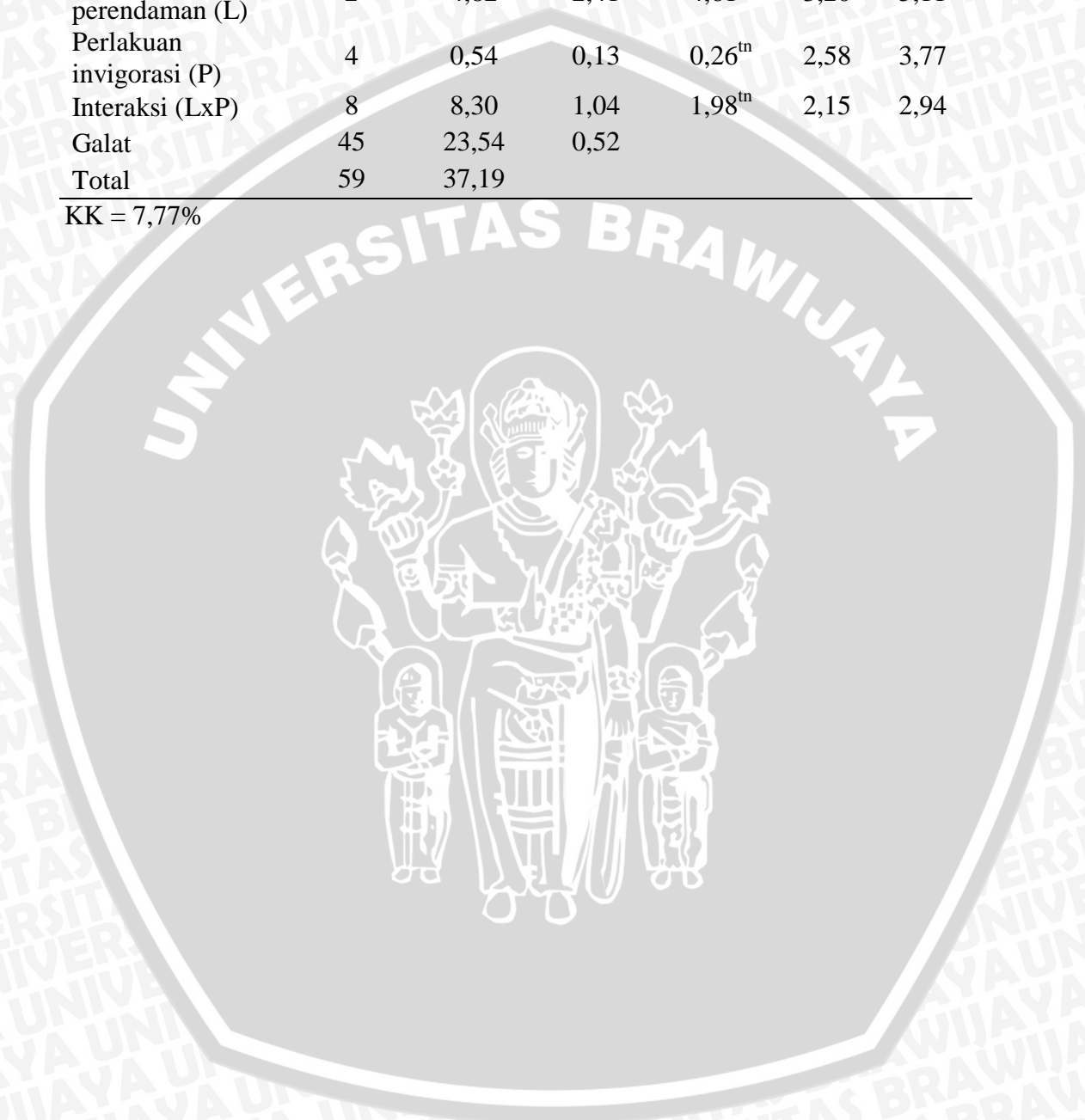
Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Lama perendaman (L)	2	8,33	4,16	5,62**	3,20	5,11
Perlakuan invigorasi (P)	4	4,84	1,21	1,64 ^{tn}	2,58	3,77
Interaksi (LxP)	8	14,49	1,81	2,45*	2,15	2,94
Galat	45	33,30	0,74			
Total	59	60,96				

KK = 4,62%

Lampiran 10. Analisis Ragam Pengaruh Lama Perendaman dan Invigorasi *Osmoconditioning* Terhadap Panjang Akar.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Lama perendaman (L)	2	4,82	2,41	4,61*	3,20	5,11
Perlakuan invigorasi (P)	4	0,54	0,13	0,26 ^{tn}	2,58	3,77
Interaksi (LxP)	8	8,30	1,04	1,98 ^{tn}	2,15	2,94
Galat	45	23,54	0,52			
Total	59	37,19				

KK = 7,77%

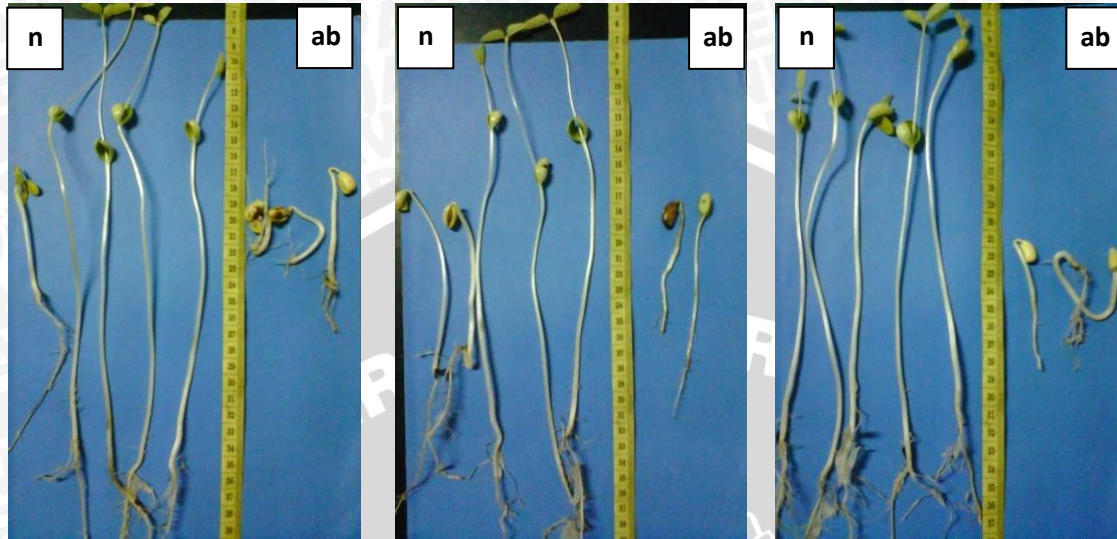


Lampiran 11. Keragaan Kecambah Umur 8 HST dengan Berbagai Perlakuan *Osmoconditioning* pada Lama Perendaman Selama 6 Jam.



Keterangan: Kecambah (n) normal dan (ab) abnormal hasil perendaman (a) aquades, (b) PEG-6000 konsentrasi 5%, (c) 10%, (d) 15% dan (e) 20%

Lampiran 12. Keragaan Kecambah Umur 8 HST dengan Berbagai Perlakuan *Osmoconditioning* pada Lama Perendaman Selama 12 Jam.



(a)

(b)

(c)



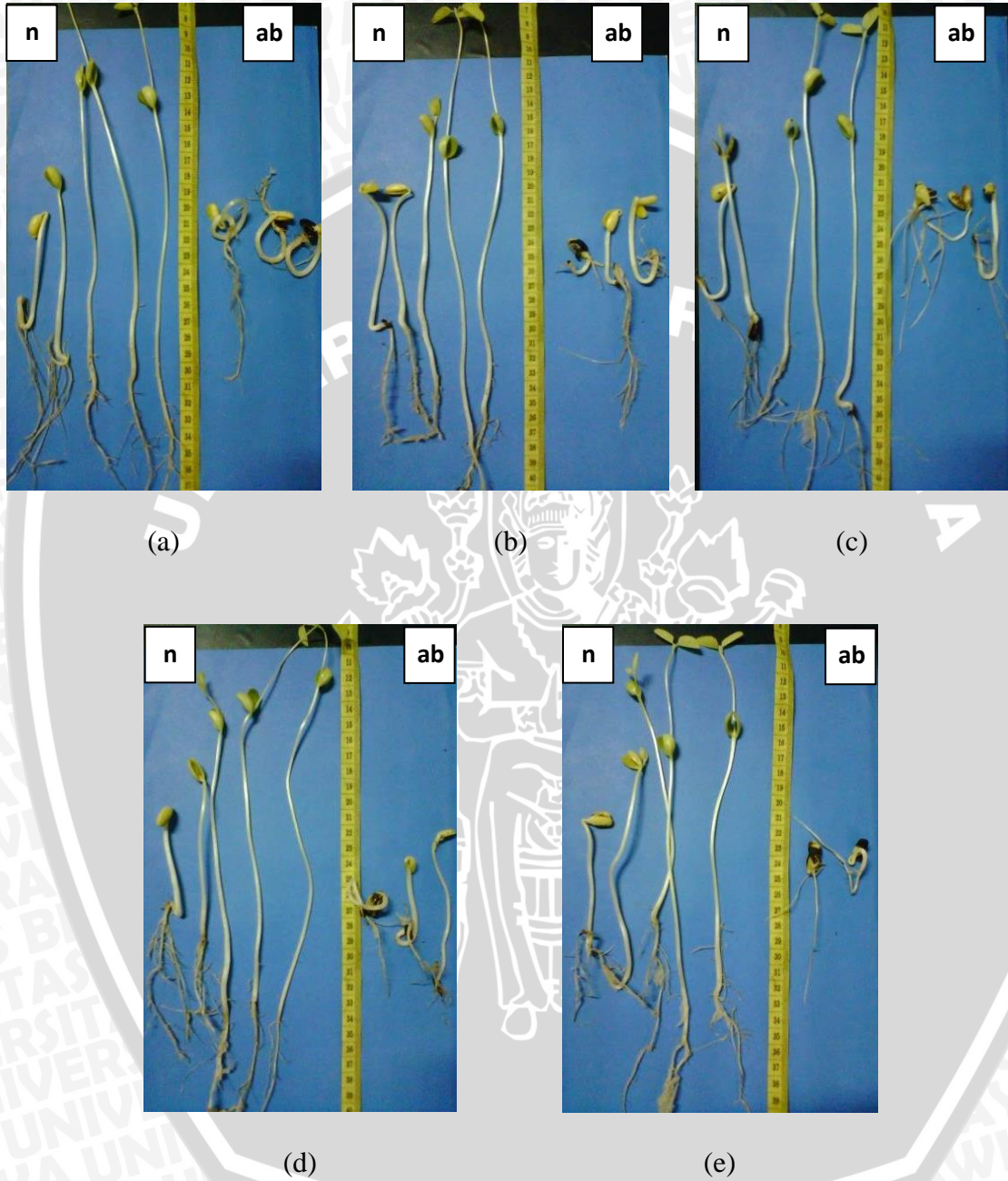
(d)



(e)

Keterangan: Kecambah (n) normal dan (ab) abnormal hasil perendaman (a) aquades, (b) PEG-6000 konsentrasi 5%, (c) 10%, (d) 15% dan (e) 20%

Lampiran 13. Keragaan Kecambah Umur 8 HST dengan Berbagai Perlakuan *Osmoconditioning* pada Lama Perendaman Selama 18 Jam.



Keterangan: Kecambah (n) normal dan (ab) abnormal hasil perendaman
 (a) aquades, (b) PEG-6000 konsentrasi 5%, (c) 10%, (d) 15% dan
 (e) 20%