



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

UJI TOLERANSI BEBERAPA GENOTIPE GANDUM (*Triticum aestivum* L.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN

SKRIPSI



**SHERLY HANDAYANI
0810212178**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

BIODATA

Penulis dilahirkan di Air Bangis, Kab. Pasaman Barat, Sumatera Barat, pada tanggal 7 September 1989 sebagai anak ketiga dari lima bersaudara dari pasangan M.Yatim dan Yunisma. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) ditempuh di SDN 011 Sungai Beremas Kab. Pasaman barat dan lulus tahun 2002. Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) ditempuh di SMPN 1 Sungai Beremas Kab. Pasaman Barat, lulus tahun 2005. Sekolah Lanjutan Tingkat Atas (SLTA) ditempuh di SMAN 1 Koto Balingka pada tahun 2008. Pada tahun 2008 penulis diterima di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Program Studi Agroekoteknologi.



Padang, Oktober 2012

Sherly handayani

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “ **Uji Toleransi Beberapa Genotipe Gandum (*Triticum aestivum* L.) Terhadap Kekeringan** ”. Skripsi ini ditinjau dari aspek mata kuliah Pemuliaan Tanaman pada Program studi Agroekoteknologi Universitas Andalas.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang selalu mengiringi dengan doa dan semangat yang tiada hentinya, penulis juga menyampaikan banyak terima kasih kepada bapak Ir. Sutoyo, MS dan bapak Ir. Neldi Armon, MS selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran, semangat dan pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Ucapan yang sama penulis sampaikan kepada Bapak ketua Program Studi Agroekoteknologi, ibuk sekretaris program studi, bapak-bapak dan ibu-ibu staf pengajar beserta karyawan Program Studi Agroekoteknologi dan juga kepada teman-teman yang telah banyak membantu hingga selesainya skripsi ini.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca. Penulis berharap selanjutnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Amin

Padang, Oktober 2012

S.H



DAFTAR ISI

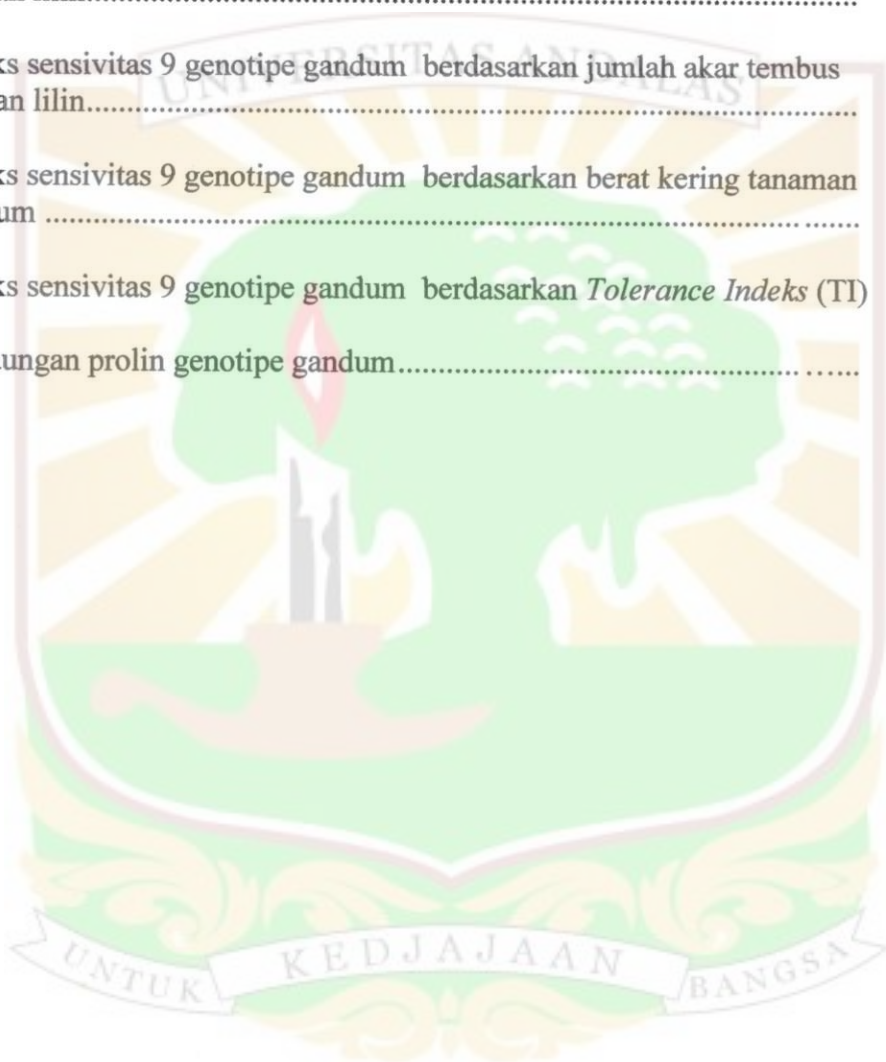
	<u>Halaman</u>
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Gandum.....	4
2.2 Kekeringan pada Tanaman	5
2.3 Polyetilene Glikol (PEG) sebagai Penstimulasi Kekeringan	9
2.4 Daya Tembus Akar terhadap Lapisan Lilin	11
2.5 Hubungan Asam Amino Prolin dengan Toleransi Kekeringan	12
III. BAHAN DAN METODE	14
3.1 Tempat dan Waktu	14
3.2 Bahan dan Alat	14
3.3 Rancangan	14
3.4 Pelaksanaan	15
3.5 Pengamatan.....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Tinggi Tanaman Gandum	21
4.2 Panjang Akar Tembus Lapisan Lilin	23
4.3 Jumlah Akar Tembus Lapisan Lilin	24
4.4 Berat Kering Tanaman Gandum	26
4.5 Rekapitulasi Indeks Sensivitas.....	28
4.6 Analisis Kandungan Prolin	30

V. KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	37



DAFTAR TABEL

<u>Tabel</u>	<u>Halaman</u>
1. Indeks sensitivitas 9 genotipe gandum berdasarkan tinggi tanaman	22
2. Indeks sensitivitas 9 genotipe gandum berdasarkan panjang akar tembus lapisan lilin.....	23
3. Indeks sensitivitas 9 genotipe gandum berdasarkan jumlah akar tembus lapisan lilin.....	25
4. Indeks sensitivitas 9 genotipe gandum berdasarkan berat kering tanaman gandum	27
5. Indeks sensitivitas 9 genotipe gandum berdasarkan <i>Tolerance Indeks</i> (TI)	29
6. Kandungan prolin genotipe gandum.....	30



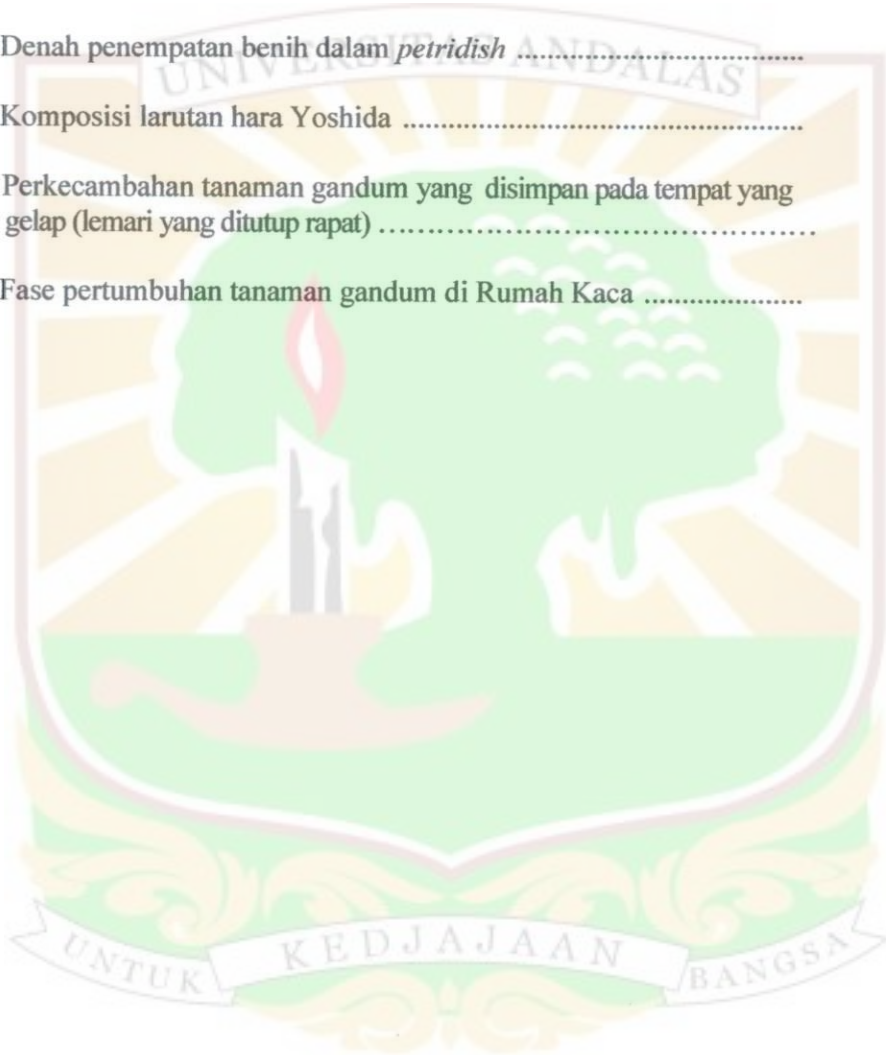
DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar.</u>	<u>Halaman</u>
1. Penempatan gelas percobaan di Rumah Kaca	15
2. Gambar Penampilan akar yang tembus lapisan lilin pada genotipe SO-11 (4 minggu setelah tanam) dapat dilihat pada Gambar 2.....	25



DAFTAR LAMPIRAN

<u>Lampiran</u>	<u>Halaman</u>
1. Jadwal kegiatan penelitian dari bulan Januari sampai Februari 2012	37
2. Denah penempatan plot percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL)	38
3. Denah penempatan benih dalam <i>petridish</i>	39
4. Komposisi larutan hara Yoshida	40
5. Perkecambahan tanaman gandum yang disimpan pada tempat yang gelap (lemari yang ditutup rapat)	41
6. Fase pertumbuhan tanaman gandum di Rumah Kaca	42



UJI TOLERANSI BEBERAPA GENOTIPE GANDUM (*Triticum aestivum* L.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN

ABSTRAK

Penelitian tentang uji toleransi gandum terhadap cekaman kekeringan telah dilakukan di Laboratorium Teknologi Benih dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Penelitian ini dilaksanakan bulan Januari sampai Februari 2012 dengan tujuan mendapatkan genotipe gandum yang toleran terhadap kekeringan. Percobaan terdiri atas dua faktor yang disusun menurut Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor pertama terdiri atas Sembilan genotipe gandum, yaitu : SO-1, SO-2, SO-3, SO-4, SO-5, Nias, Dewata, Jarissa dan SO-11 dan faktor kedua pemberian larutan PEG 6000 konsentrasi 0 dan 20 %. Data dianalisis dengan uji indeks sensitivitas terhadap masing-masing genotipe. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa terdapat tiga genotipe yang tergolong toleran terhadap cekaman kekeringan, yaitu : SO-3, Nias dan Jarissa dan enam genotipe tergolong peka terhadap cekaman kekeringan, yaitu : SO-1, SO-2, SO-4, SO-5, Dewata, dan SO-11.

Kata kunci : *Toleransi kekeringan, gandum*



TOLERANCE TEST TO DROUGHT STRESS ON SOME GENOTYPES OF WHEAT (*Triticum aestivum* L.)

ABSTRACT

An experiment to test the tolerance of some genotypes of wheat (*Triticum aestivum* L.) to drought stress was conducted at Seed Technology Laboratory and Green House of Faculty of Agriculture, Andalas University, Padang, during period of January to February 2012. The purpose of this experiment was to get genotypes of wheat which tolerance to drought stress. Treatments were arranged in completely randomized design with two factors. The first factor was nine genotypes of wheat, there were: SO-1, SO-2, SO-3, SO-4, SO-5, Nias, Dewata, Jarissa, and SO-11. The second factor was concentration of PEG 6000, there were 0 and 20 %. Data were analyzed by Stress Susceptibility Index test. Results indicated that three genotypes (SO-3, Nias, and Jarissa) were tolerant to drought stress. Where as the rest six genotypes (SO-1, SO-2, SO-4, SO-5, Dewata, and SO-11) were intolerant.

Key words : Drought tolerance, Wheat



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gandum (*Triticum aestivum* L.) adalah tanaman yang berasal dari daerah subtropik dan salah satu tanaman sereal dari famili *Gramineae Poaceae*. Komoditas ini merupakan bahan makanan penting di dunia sebagai sumber kalori dan protein. Gandum merupakan bahan baku tepung terigu yang banyak digunakan untuk pembuatan berbagai produk makanan seperti roti, mie, kue, biskuit, dan makanan ringan lainnya (Wiyono, 1980).

Gandum merupakan makanan pokok manusia disamping padi, jagung, sagu, kacang-kacangan dan umbi-umbian. Disamping itu, gandum juga digunakan sebagai pakan ternak dan bahan industri. Menurut U.S Wheat Associates (2011), konsumsi per kapita Indonesia pada tahun 2010 mencapai catatan 21,2 kg. Konsumsi per kapita ini diperkirakan akan terus tumbuh dan berpotensi mencapai 22,4 kg pada tahun 2050. Dengan tingginya tingkat konsumsi gandum, maka permintaan pasar untuk komoditi gandum Indonesia setiap tahunnya terus meningkat mencapai 5,8 juta ton pada tahun pemasaran 2010/2011, dimana sebelumnya mencapai 5,25 juta ton pada tahun pemasaran 2009/2010. Disatu sisi, peningkatan ini membawa dampak yang positif karena dapat mengurangi ketergantungan terhadap konsumsi beras. Namun disisi lain, terdapat ketimpangan yang cukup besar. Produksi gandum dunia selama 5 tahun terakhir cenderung menurun dibanding konsumsi yang terus meningkat.

Menurut Welirang (2010), Ketua Umum Asosiasi Produsen Tepung Terigu Indonesia (Aptindo). Konsumsi gandum Indonesia setiap tahunnya terus meningkat. Realisasi impor gandum tahun 2010 tercatat mencapai 5,8 juta ton, dan pada periode Januari - Juni 2011 impor gandum sudah mencapai 2,8 juta ton dengan nilai US\$ 1 miliar dan impor tepung terigu 316,9 ribu ton. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) 2010, dalam lima tahun terakhir tepung terigu menjadi sumber karbohidrat kedua terbesar di Indonesia setelah beras. Tepung terigu memberi kontribusi rata-rata sebesar 14,26 % sebagai sumber karbohidrat, di bawah beras yang mencapai 79,62 %. Sedangkan sumber karbohidrat ketiga terbesar adalah ubi kayu yang memberi kontribusi rata-rata 3,56 %. Pertambahan jumlah penduduk yang pesat justru memperparah permasalahan pertanian, semakin berkurangnya lahan subur untuk

pertanian karena desakan sektor non pertanian (alih fungsi lahan), terjadinya perubahan iklim global yang berdampak langsung terhadap pertanian, misalnya peningkatan suhu dan kandungan karbondioksida, perubahan curah hujan dan lainnya (Prinz, 2004).

Indonesia memiliki lahan kering yang cukup luas dibandingkan dengan lahan pengairan dan cukup potensi bagi pengembangan tanaman sereal seperti gandum. Indonesia memiliki lahan kering sekitar 148 juta ha (78%) dan lahan basah (wet lands) seluas 40,20 juta ha (22%) dari 188,20 juta ha total luas daratan (Minardi, 2009). Sumatera (33,3 juta ha), Jawa (10,7 juta ha), Kalimantan (42,5 juta ha), Sulawesi (15,8 juta ha), dan Papua (34,9 juta ha) atau total di Indonesia sekitar 143,9 juta ha. Total luas lahan kering 148 juta ha, yang sesuai untuk budi daya pertanian hanya sekitar 76,22 juta ha (52%), sebagian besar terdapat di dataran rendah (70,71 juta ha atau 93%) dan sisanya di dataran tinggi. Untuk memanfaatkan lahan kering terutama di dataran tinggi, tanaman gandum dijadikan alternatif baru bagi petani di lahan kering setelah padi karena gandum tumbuh baik di daerah ketinggian 600 - 1000 meter di atas permukaan laut (dpl). Pemuliaan tanaman diarahkan untuk mendapatkan genotipe tanaman tahan terhadap kekeringan. Toleransi terhadap cekaman kekeringan ditunjukkan oleh kemampuannya untuk tetap hidup dan berproduksi pada potensial air yang rendah (Levitt, 1980).

Metode simulasi cekaman kekeringan pada media tanam umumnya menggunakan larutan osmotikum yaitu polietilena glikol (polyethylene glycol, PEG) 6000 yang telah digunakan pada tanaman cabai, gandum, tomat, tembakau, padi dan jagung (verslues *et al.*, 2006). Hal ini dikarenakan PEG dapat mengontrol tingkat penurunan potensial air (Mackill *et al.*, 1996) dan tidak meracuni tanaman karena PEG tidak dapat masuk ke dalam jaringan perakaran tanaman. Seleksi genotipe toleran cekaman kekeringan pada fase vegetatif pada tanaman tembakau, kedelai, kacang tanah menggunakan PEG 6000 dengan konsentrasi 5 % dan 10 % (Widoretno *et al.*, 2002).

Sifat tahan kekeringan yang dimiliki oleh suatu tanaman selalu berkaitan dengan perubahan-perubahan morfologis dan fisiologis sebagai cara adaptasi pada kondisi kekeringan, sehingga suatu genotipe tanaman dapat dikatakan tahan. Sifat-sifat tanaman baik morfologis maupun fisiologis dapat digunakan sebagai

dasar penilaian sifat ketahanan terhadap kekeringan. Masalah yang dihadapi petani saat ini adalah terbatasnya genotipe gandum yang tahan kekeringan dan berproduksi tinggi, sedangkan varietas Dewata yang diluncurkan pada tahun 2003 dengan hasil biji 2,96 ton/ ha dan kandungan protein 13,94 % yang dikembangkan saat ini produksinya masih rendah dan tidak toleran terhadap cekaman kekeringan.

Untuk mengatasi hal ini perlu dilakukan penelitian agar mendapatkan genotipe gandum yang berproduksi tinggi dan tahan cekaman kekeringan. Keterbatasan persediaan genotipe dalam negeri sehingga perlu galur yang diintroduksi dari luar yang memiliki peluang untuk toleran terhadap cekaman kekeringan. Republik Slovakia dengan Lembaga penelitiannya yaitu Station Istropol Solary Republik Slovakia, memiliki banyak sekali genotipe gandum. Belum seluruh koleksi genotipe gandum tersebut diketahui toleran atau tidak terhadap cekaman kekeringan. Sehingga untuk itu perlu adanya penelitian dengan genotipe gandum yang diintroduksi dari Slovakia.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis telah melakukan penelitian dengan judul : **Uji toleransi beberapa genotipe gandum (*Triticum aestivum* L.) terhadap cekaman kekeringan.**

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan genotipe gandum yang toleran terhadap cekaman kekeringan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Gandum

Gandum (*Triticum aestivum* L.) berasal dari daerah subtropik dan salah satu sereal dari famili Gramineae (Poaceae). Komoditas ini merupakan bahan makanan penting di dunia sebagai sumber kalori dan protein. Gandum merupakan bahan baku tepung terigu yang banyak digunakan untuk pembuatan berbagai produk makanan seperti roti, mie, kue biskuit, dan makanan ringan lainnya (Wiyono, 1980). Gluten pada tepung terigu tidak dimiliki oleh tepung lainnya, menyebabkan keunggulan daya kembang pada tepung gandum. Kebutuhan tepung terigu di Indonesia meningkat setiap tahun sejalan dengan perkembangan ekonomi dan jumlah penduduk (Azwar *et al.*, 1989). Tanaman gandum termasuk kelas monokotil, ordo Graminales, famili Gramineae, dan genus *Triticum*. Terdapat dua spesies utama yang dibudidayakan, yaitu: *Triticum durum* Desf. atau dikenal sebagai gandum makaroni dan *Triticum aestivum* L. atau gandum roti (Nasir, 1987).

Dirjen Bina Produksi Tanaman Pangan (2001), menyatakan akar tanaman gandum memiliki dua macam akar yaitu akar kecambah, merupakan akar pertama yang tumbuh dari embrio dan akar adventif yang kemudian tumbuh dari buku dasar. Berbeda dengan akar kecambah yang kemudian mati, akar adventif membentuk sistem perakaran yang perakarannya berada sedalam 10-30 cm di bawah permukaan tanah.

Batang tanaman gandum tegak, berbentuk silinder dan membentuk tunas. Ruas-ruasnya pendek dan buku-bukunya berongga. Pada tanaman dewasa terdiri dari rata-rata enam ruas. Tinggi tanaman gandum atau panjang batang dipengaruhi oleh sifat genetik dan lingkungan tumbuh. Daun pertama gandum, berongga dan berbentuk silinder, diselaputi plumula yang terdiri dari dua sampai tiga helai daun. Helai daun gandum tersusun dalam setiap batang, setiap daun membentuk sudut 180° dari daun yang satu dengan daun yang lainnya. Daun telinga (*auricle*) berwarna pucat atau kemerah-merahan. Sedangkan lidah daun tidak berwarna, tipis dan berujung bulu-bulu dan halus (Dirjen Bina Produksi Tanaman Pangan, 2001).

Bunga tanaman gandum berbentuk malai terdiri dari bulir-bulir. Tiap bulir terdiri dari lima buah bunga. Malai tersusun buku dan ruas yang pendek dan menyempit pada pangkal dan ujungnya melebar. Ujung bulir membentuk rambut yang panjang bervariasi (Nasir, 1987).

Suatu malai terdiri dari sekumpulan bunga gandum yang timbul dari buku paling atas. Ruas buku terakhir dari batang merupakan sumbu utama dari malai, sedangkan butir-butirnya terdapat pada cabang-cabang pertama maupun cabang kedua. Pada waktu berbunga, malai berdiri tegak kemudian terkulai bila butir telah terisi dan menjadi buah. Panjang malai diukur dari buku terakhir sampai butir di ujung malai. Panjang malai beraneka ragam, pendek (20 cm), sedang (20-30 cm) dan panjang (lebih dari 30 cm). Kepadatan malai adalah perbandingan antara banyaknya bunga per malai dengan panjang malai. Gandum termasuk tanaman yang mengadakan penyerbukan sendiri, kemungkinan penyerbukan silang 1-4 persen (Dirjen Bina Produksi Tanaman Pangan, 2001).

Butir gandum (*kernel, grain*) secara botani adalah buah (*caryopsis*). Kulit biji berimpit dengan kulit buah. Biji terdiri dari nutfah (*germ* atau embrio), *endosperm, scutellum*, dan lapisan aleuron. Bentuk butir bervariasi dari lonjong bundar sampai lonjong lancip. Biji gandum berwarna merah kecoklat-coklatan, putih dan warna diantara keduanya (Dirjen Bina Produksi Tanaman Pangan, 2001).

2.2 Kekeringan pada tanaman

Stress air pada tanaman merupakan faktor utama dalam penghambatan produktivitas tanaman. Proses fisiologis selalu berhubungan dengan air. Hilangnya air dari jaringan tanaman dapat berpengaruh pada banyak hal, antara lain berkurangnya tekanan hidrostatik di dalam sel, meningkatnya konsentrasi makromolekul dan larutan dengan berat molekul kecil.

Indonesia memiliki lahan yang kering yang cukup luas dibandingkan dengan lahan pengairan dan cukup potensi bagi pengembangan tanaman sereal seperti gandum. Indonesia memiliki lahan kering sekitar 148 juta ha (78%) dan lahan basah (*wet lands*) seluas 40,20 juta ha (22%) dari 188,20 juta ha total luas daratan (Minardi, 2009). Jadi total luas lahan kering 148 juta ha, yang sesuai untuk budi daya pertanian hanya sekitar 76,22 juta ha (52%), sebagian besar terdapat di dataran rendah (70,71 juta ha atau 93%) dan sisanya di dataran tinggi. Di wilayah dataran

rendah, lahan datar sampai bergelombang (lereng $< 30\%$). Oleh karena itu, perhatian ke arah pengujian genotipe gandum yang toleran terhadap cekaman kekeringan sangat diperlukan.

Turner (1979) menyatakan bahwa toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan dapat melalui beberapa mekanisme, yaitu (i) melepaskan diri dari cekaman kekeringan (*drought escape*), (ii) bertahan terhadap kekeringan dengan tetap mempertahankan potensi air yang tinggi dalam jaringan (Levitt, 1980 dan Arnon, 1975) atau yang biasa dikenal sebagai mekanisme menghindar dari kekeringan (*drought avoidance*) dan (iii) bertahan terhadap kekeringan dengan potensi air jaringan rendah. Menurut Kasper *et al.*, (1984) peningkatan panjang dan volume akar merupakan respon morfologi yang penting dalam beradaptasi terhadap cekaman kekeringan. Respon lainnya ialah peningkatan akumulasi zat-zat terlarut (Morgan, 1984), kemampuan akumulasi prolin pada daun (Yamada dan Fokutoku, 1983) dan peningkatan kadar ABA daun (Bray, 1988).

Hasil gandum dari keadaan normal dan cekaman kekeringan atau kondisi stress, toleransi menunjukkan perbedaan yang signifikan antara genotipe. Penelitian yang telah dilakukan Nazari dan Pakniyat (2010) dan Shahryari dan Mollasadeghi (2011) dalam evaluasi genotipe gandum barley, masing-masing melaporkan bahwa ada perbedaan yang signifikan untuk semua kriteria antara genotipe.

Seleksi untuk toleransi/ketahanan terhadap kekeringan sangat kompleks karena adanya pengaruh interaksi antara genotipa dengan lingkungan yang menimbulkan perbedaan tanggap terhadap kekeringan. Masalah kekeringan (*drought tolerance*) dalam budidaya gandum merupakan salah satu faktor pembatas utama produksi sehingga diperlukan suatu varietas yang mempunyai kemampuan untuk hidup dan berfungsi secara metabolis pada cekaman tersebut. Ketahanan suatu tanaman terhadap kekeringan merupakan suatu fenomena yang kompleks baik dalam fisiologi dan genetiknya. Gen-gen yang terinduksi pada keadaan cekaman dibagi atas dua fungsional group : a) gen yang langsung melindungi tanaman terhadap cekaman lingkungan; b) gen yang terlibat dengan regulasi dan signal transduksi sebagai respon terhadap cekaman lingkungan, yaitu dengan menutupnya stomata (Gao, 2003).

kepada jenis tanaman dan kondisi dimana tanaman itu tumbuh pada kapasitas lapang yang merupakan suatu keadaan tanah yang cukup lembab serta menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanaman terhadap gaya tarik gravitasi. Air yang dapat ditarik oleh tanah tersebut terus-menerus diserap oleh akar tanaman atau menguap sehingga tanah makin lama makin kering (Hidayat, 2001).

Perlakuan pada cekaman kekeringan dilakukan mulai benih disemai sampai gabah berproduksi, namun ada perbedaan tingkat cekaman yang diberikan. Pada fase vegetatif, cekaman kekeringan diberikan hanya sebatas kapasitas lapang sedangkan pada fase generatif, cekaman yang diberikan lebih ekstrim, yaitu dengan memberi kadar air hanya 60 % dari kapasitas lapang (Lestari, 2005)

Titik layu permanen merupakan kandungan air tanah dimana akar-akar tanaman mulai tidak lagi sanggup untuk menyerap air dari tanah, sehingga tanaman akan tetap layu dan tanaman akan tetap layu walaupun diberi air pengairan. Pertumbuhan dan hasil tanaman dipengaruhi oleh cekaman kekeringan. Hal ini merupakan hasil integrasi dari semua pengaruh cekaman kekeringan pada proses fotosintesis, respirasi, metabolisme pertumbuhan dan reproduksi (Hidayat, 2001).

Status air tergantung pada tekstur dan struktur tanah. Tanah lempung lebih banyak menyimpan air dari pada pasir, kekeringan yang terjadi pada tanah lempung lebih banyak menyimpan air dari pada tanah pasir, kekeringan yang terjadi pada tanah lempung lebih lambat dari pada tanah pasir. Batas atas air yang tersedia bagi tanaman, diukur berdasarkan kandungan lengas setelah tanah dibiarkan bebas terdrainase selama 2-3 hari. Cara lain ditentukan pada tanah jenuh yang mengalami tekanan pada 0,01 Mpa(pasiran)- 0,033 Mpa(lempungan) (Staf Lab.Ilm. Tanaman, 2007).

Titik layu permanen (tetap) ditentukan dengan mengukur kandungan lengas pada saat tanaman layu, dan tidak dapat segar kembali setelah dibiarkan semalaman diudara basah. Cara lain adalah dengan mengukur kandungan lengas dari tanah jenuh setelah diberi tekanan 1,5 Mpa dialat piring tekan. Titik layu permanen bukan merupakan tetapan tanaman. Titik layu lebih tergantung pada tekanan turgor sel-sel tanaman. Tekan turgor dipengaruhi oleh tekan osmotik daun, cuaca yang mempengaruhi oleh transpirasi, dan komponen yang mempengaruhi

ketersediaan air tanah. Tidak ada batas bawah ketersediaan air yang tegas untuk berbagai tanaman (Staf Lab Ilmu Tanaman, 2007).

Secara umum tanaman akan menunjukkan respon tertentu bila mengalami cekaman lingkungan, yaitu respon tanaman terhadap stress air sangat ditentukan oleh tingkat stress yang dialami pada fase pertumbuhan saat mengalami cekaman atau bila tanaman dalam keadaan kondisi kering, maka tanaman tersebut akan memperbaiki status air dengan cara : (1) tanaman mengubah distribusi asimilat baru untuk membantu pertumbuhan akar dengan mengorbankan tajuk, sehingga dapat untuk mengurangi transpirasi (2) tanaman akan mengatur derajat pembukaan stomata untuk menghambat kehilangan air lewat transpirasi (Mansfield dan Akitson, 1990).

2.3 PolyEtilen Glikol (PEG) sebagai Penstimulasi Kekeringan

PolyEtiline Glikol (PEG) merupakan salah satu senyawa osmotikum yang biasa digunakan untuk menstimulasi kondisi kekeringan, karena sifatnya yang dapat menghambat penyerapan air oleh sel atau jaringan tanaman. Senyawa tersebut mempunyai berat molekul antara 3000-20000 yang dapat larut dengan sempurna dalam air dan dapat menyebabkan potensial air yang homogen. Penambahan PEG kedalam media air akan menurunkan potensial air tergantung pada konsentrasi dan berat molekul PEG terlarut yang diberikan. Penggunaan PEG dalam jangka panjang pada tanaman, relatif aman karena PEG tidak akan menjadi racun bagi tanaman (Widoretno, 2003)

Penggunaan PEG dalam induksi cekaman kekeringan pada tanaman sudah digunakan sejak lama. PEG dengan bobot lebih dari 4000 dapat menginduksi cekaman kekeringan pada tanaman dengan mengurangi potensial air pada larutan nutrisi tanpa menyebabkan keracunan (Lawyer, 1970). Hijri (2007) juga menambahkan bahwa penggunaan PEG sebagai simulasi kekeringan lebih efektif dari pada penggunaan larutan manitol.

Hasil percobaan beberapa penelitian menggunakan PEG 6000 yang telah dilakukan menunjukkan bahwa beberapa kalus pada tanaman nilam mampu bertahan pada PEG dengan konsentrasi 20 %, sedangkan pada kalus tanaman padi dilaporkan dapat bertahan hidup pada PEG 25%, tetapi pada subkultur yang lebih singkat (Lestari, 2005). Demikian pula pada kalus embriosomatik kedelai

2.4 Daya Tembus Akar terhadap Lapisan Lilin

Akar merupakan fondasi bagi tanaman yang relatif kurang dipelajari dibandingkan bagian tanaman lain. Sistem perakaran gandum sangat beragam berdasarkan genotipenya. Parafin(*paraffin wax*) atau lilin merupakan media tanam campuran hidro karbon minyak bumi yang memiliki titik leleh antara 40-70 ° C, akan membeku dibawah suhu titik lelehnya dengan membentuk kristal jarum sehingga akan mempengaruhi struktur jaringannya. Parafin yang biasa digunakan bukan merupakan parafin murni hal ini dimaksudkan agar ; (1) mempertinggi kekerasan dalam membuat jaringan media menjadi keras, (2) mempertinggi kekaratan media dan (3) mengubah struktur kristal pada parafin (karena parafin murni cepat menjadi beku). Ada 3 macam bentuk parafin : (i) parafin lunak dengan titik leleh 48° C,(ii) parafin medium titik leleh 52 ° C, dan (iii) parafin keras titik leleh 56° C. Waktu yang diperlukan untuk melelehkan berkisar 15-20 menit, sedangkan vaselin memiliki sifat bahan yang berbentuk gel putih yang mempunyai titik leleh 48-52 ° C.

Samson dan wade, (1998) menginformasikan kepadatan dan kekerasan tanah menjadi kendala yang sangat mempengaruhi pertumbuhan akar, Pada lapisan tanah yang dalam maka kekerasan akan makin tinggi .Tanaman dengan anakan yang kurang cenderung mempunyai perakaran yang yang tidak banyak dan dalam. Mackill, Coffman dan Garrity (1996) menjelaskan bahwa dalam hubungan akar dengan toleransi kekeringan yaitu tanaman yang dapat meningkatkan serapan air walaupun dalam kondisi tercekam, serta mempunyai daya tembus akar yang tinggi karena daya osmotik akar yang tinggi dapat meningkatkan serapan air pada tanah yang relatif kering. Daya tembus akar pada lapisan tanah yang semakin padat dan keras perlu diketahui bentuk dan ukuran akarnya untuk menentukan ketahanan tanaman terhadap kekeringan.

Ketahanan galur/varietas gandum terhadap kekeringan diukur dengan banyaknya akar gandum yang mampu menembus lapisan campuran parafin dan vaselin dalam kombinasi tertentu yang dapat diketahui kekerasannya. Metode ini digunakan oleh IRRI pada padi dalam mengidentifikasi markah molekuler tanaman padi tahan kekeringan (Babu, Zheng, Parthan, Ni, Blum dan Nguyen, 1996).

2.5 Hubungan Asam Amino Prolin dengan Toleransi Kekeringan

Tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan dapat diduga berdasarkan besarnya penurunan relatif berbagai peubah pertumbuhan dan hasil, perubahan kandungan prolina dan gula total daun pada kondisi lingkungan optimal dan pada kondisi tercekam. Pendekatan tersebut telah digunakan oleh peneliti untuk mengidentifikasi toleransi terhadap cekaman kekeringan pada tanaman gandum (Dencic *et al.*, 2000), jagung (Kitbanmroong & Chatachume 1993), kacang tanah (Fernandez, 1993), dan kedelai (Sunaryo, 2002).

Mekanisme toleransi pada tanaman sebagai respon adanya cekaman kekeringan meliputi : (1) kemampuan tanaman tetap tumbuh pada kondisi kekurangan air yaitu dengan menurunkan luas daun dan memperpendek siklus hidup, (2) kemampuan akar untuk menyerap air dilapisan tanah yang paling dalam, (3) kemampuan untuk melindungi meristem akar dari kekeringan dengan meningkatkan akumulasi senyawa tertentu seperti Glisin, gula alkohol dan prolina untuk *osmotik adjustment* (4) mengoptimalkan peranan stomata untuk mencegah hilangnya air melalui daun (Nguyen *et al.*, 1997). Dengan adanya *osmotic adjustmen* tersebut memungkinkan pertumbuhan tetap pada tanaman dan stomata tetap membuka.

Ketahanan terhadap kekeringan merupakan suatu fenomena yang kompleks baik dalam fisiologi maupun genetiknya. Hasil penelitian pada banyak tanaman menunjukkan bahwa penurunan potensial air dipengaruhi oleh konsentrasi dan komposisi dari nitrogen pada tanaman, khususnya perubahan kandungan prolina. Prolin adalah asam amino yang bertambah lebih cepat dibandingkan asam amino lainnya. Jaringan tanaman pada kondisi kekeringan atau pada saat dehidrasi, maka kandungan prolina akan meningkat hal ini disebabkan pada saat kekurangan air prolina akan berperan sebagai osmoregulator pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan (Hanson *et al.*, 1977).

Toleransi tanaman terhadap ketahanan kekeringan secara fisiologis berkaitan dengan aktifitas metabolisme yang antara lain ditunjukkan oleh perubahan akumulasi prolina dalam jaringan daun. Pada kondisi tercekam prolina berperan sebagai penetralis racun bebas yang berproduksi berlebihan dalam daun

dan berfungsi juga sebagai substrat selama respirasi serta sumber energi selama penyembuhan tanaman setelah tercekam (Bates *et al.*, 1973).

Liu *et al.*, (1987) menjelaskan bahwa kemampuan tercekam kekeringan sangat nyata mengakumulasi prolin bebas pada varietas yang toleran kering selama kondisi tercekam kekeringan sangat nyata dibandingkan organ dengan varietas peka. Dengan demikian kandungan prolin yang tinggi dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi toleransi terhadap kekeringan. Toleransi tanaman terhadap kekeringan ditandai dengan tiga proses fisiologi yaitu : (a) mempertahankan status air selama tanaman mengalami cekaman kekeringan, (b) bertahan dalam kondisi kekurangan air, (c) memperbaiki status air dan fungsi tanaman setelah tanaman mengalami cekaman (*recovery*) (Husni *et al.*, 2004).



III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Percobaan ini telah dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Benih dan dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang yang dimulai dari bulan Januari sampai Februari 2012. Jadwal kegiatan pada Lampiran 1.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sembilan genotipe benih gandum, tujuh genotipe berasal dari Slovakia yang terdiri atas: SO-1, SO-2, SO-3, SO-4, SO-5, SO-11, Jarissa, dan dua genotipe yang berasal Indonesia yaitu: Nias dan Dewata. Bahan lain yang digunakan adalah larutan PolyEtilen Glikol (PEG) 6000 konsentrasi 20 %, vaselin 40 % dan parafin 60 %, ninhidrin, asetat glasial, asam sulfosalisilat 3 %, toluen, *aquadest*, tanah, dan pasir.

Alat-alat yang digunakan adalah *petridish*, oven, timbangan, kertas stensil, *aluminim foil*, gelas plastik, mortar, pisau, Loyang, spektrofotometer, gelas ukur, pipet tetes, pinset, rak kayu, kamera, kertas label, benang, alat-alat tulis dan lainnya.

3.3 Rancangan

Percobaan terdiri atas dua faktor yang disusun menurut Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor pertama (A) genotipe gandum yang terdiri atas sembilan genotipe gandum yaitu: SO-1, SO-2, SO-3, SO-4, SO-5, Nias, Dewata, Jarissa dan SO-11 dan faktor kedua (B) pemberian larutan PEG 6000 yang terdiri atas: konsentrasi 0% dan 20%. Percobaan dilakukan dengan menggunakan 3 ulangan, Sehingga di dapatkan 54 satuan percobaan. Hal ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Sensivitas pada setiap genotipe diuji dengan indeks kepekaan terhadap cekaman (S) (Fischer & Maurer 1978).

Perlakuan yang diberikan dalam uji toleransi terhadap kekeringan adalah:

Faktor (A) 9 genotipe gandum :

A1	= SO-1	A6	= Nias
A2	= SO-2	A7	= Dewata
A3	= SO-3	A8	= Jarissa
A4	= SO-4	A9	= SO -11
A5	= SO-5		

Faktor (B) :

B1 = Pemberian PEG 20 %
B2 = Pemberian PEG 0 %

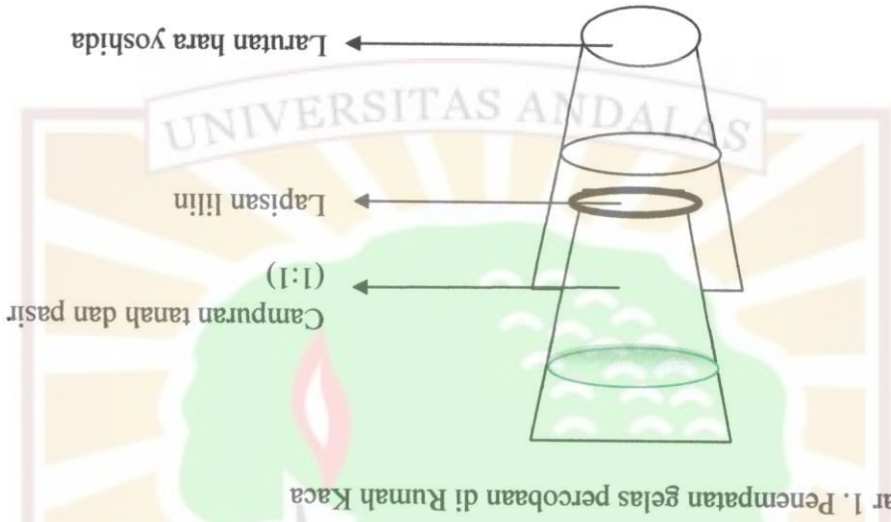
3.4 Pelaksanaan

3.4.1 Penyediaan Benih

Benih yang digunakan pada penelitian ini merupakan benih dari Republik Slovakia dan genotipe yang telah dikembangkan di Indonesia. Benih yang berasal dari Republik Slovakia diperoleh melalui Lembaga penelitian Station Istropol Solary Republik Slovakia sedangkan dari dalam negeri berasal dari BB-Biogen. Benih yang dipilih untuk dijadikan sebagai bahan percobaan dengan ukuran yang hampir seragam dan tidak mengalami kerusakan fisik.

3.4.2 Penyediaan Media Tanam

Wadah yang digunakan merupakan gelas plastik volume 240 ml yang telah berisi parafin 60 % dan vaselin 40 %. Pada tiap gelas plastik terdiri dari 2 benih sehingga akan diperoleh 150 benih untuk keseluruhan penelitian tersebut. Tanah yang diambil pada penelitian ini adalah tanah ultisol yang telah diberi pupuk kandang. Perbandingan tanah dan pasir 1:1.



keseluruhan percobaan tersebut. Benih yang akan direndam dalam *petridish* selama 7 hari, dikeluarkan dan dipindahkan ke papan perlakuan (rak kayu) untuk memperoleh benih dengan perakaran yang tumbuh lurus atau vertikal. Benih yang akan ditanam pada papan percobaan dipilih perakarannya sama ± 1 cm, agar tidak sulit dalam penanamannya. Gelas plastik pertama diisi dengan tanah dan pasir dengan perbandingan 1:1 yakni 100 g : 100 g yang sebelumnya telah dilapisi dengan lapisan lilin. Setelah 2 hari tanam, lalu diletakkan gelas plastik yang kedua yang berisi larutan Yoshida (Lampiran 4) agar pertumbuhan akar lurus dan menembus lapisan lilin, gelas plastik diletakkan rak percobaan yang telah disediakan.

3.4.5 Analisis Kandungan Prolin

Analisis ini dilakukan pada waktu pengamatan terakhir, untuk mengetahui kandungan kadar prolin yang terdapat pada tanaman yang tercekam kekeringan dan tanaman kontrol dengan metode Bates *et al.*, (1973).

Cara kerja :

Daun dari masing-masing genotipe gandum ditimbang sebanyak 0.5 g, kemudian ditambahkan dengan 5 ml *sulfosalic acid* konsentrasi 3 % dan digerus dengan mortar, lalu disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 5 menit. Setelah itu, supernatan diambil dan dipindahkan pada wadah lain sehingga tinggal residunya saja. Residu ditambahkan kembali dengan 4 ml *sulfosonic acid* dan disentrifugasi kembali dengan kecepatan dan waktu yang sama. Supernatan awal digabung dengan supernatan akhir dan ditera menjadi 10 ml dan dikocok sampai merata. Untuk menentukan kadar prolin dilakukan dengan cara mengambil 2 ml supernatan + 2 ml asam ninhidrin 0.14 M + 2 ml asetat glacial dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 1 jam. Kemudian di dinginkan dalam icebath dan ditambahkan dengan 4 ml toluen, lalu dikocok selama ± 15 detik, sehingga terbentuk kromofom. Kromofom yang terbentuk diukur absorbansinya dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 520 nanometer. Sebagai standar digunakan DL prolin(stigma) 5-50 μg yang dilarutkan dalam asam *sulfosalic acid* 3 %. Kadar prolin dinyatakan sebagai $\mu\text{M/g}$ bobot daun segar (Husni *et al.*, 2004).

Perhitungan kandungan kadar prolin dilakukan dengan rumus :

$$\text{Kadar Prolin } \left(\frac{\mu\text{M}}{\text{g Segar}} \right) = \frac{\text{Absorban X ml Toluene}}{\text{EM Prolin} / \text{Bobot Segar}}$$

3.4.6 Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan mulai benih diberi perlakuan hingga terakhir pengamatan. Dengan melakukan penyiraman interval waktu 3 hari sekali dengan volume 21 ml/tanam percobaan (Budi, 2000).

3.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada sampel setiap ulangan, mulai dari hari pertama benih dikecambahkan dengan PEG 6000 20 % sampai berumur 21 hari setelah tanam (HTS) pada media tanam lapisan lilin, adapun parameter yang diamati adalah :

3.5.1 Tinggi Tanaman

Pengamatan pertambahan tinggi bibit (cm), yang diamati setiap 1 minggu sekali selama \pm 3 minggu pengamatan. Pengamatan dilakukan 2 hari setelah benih dipindahkan ke Rumah Kaca untuk diamati daya tembus akarnya, dengan cara mengukur dari pangkal cabang hingga pucuk (buku terakhir).

3.5.2 Panjang Akar Tembus Lapisan Lilin

Pengamatan panjang akar ini bertujuan untuk menentukan kecepatan pertumbuhan benih. Pengukuran panjang akar dilakukan dengan menggunakan benang kemudian tersebut diukur dengan menggunakan penggaris. Tanaman yang membentuk akar ditandai dengan munculnya akar yang telah menembus lapisan lilin pada gelas percobaan. Akar yang diamati adalah akar terpanjang. Pengamatan dilakukan pada minggu ke empat saat melakukan penelitian.

3.5.3 Jumlah Akar Tembus Lapisan Lilin

Pengamatan dilakukan dengan cara melihat akar yang dapat menembus lapisan lilin. Dengan menghitung bagian akar tanaman yang dapat tembus lapisan lilin pada hari terakhir pengamatan. Pengamatan dilakukan pada minggu ke empat saat melakukan penelitian.

3.5.4 Berat Kering Tanaman

Berat kering tanaman ini dilakukan untuk mengetahui berapa banyak dari tanaman tersebut dapat membentuk bahan kering pada tanaman dalam tercekam. Pengamatannya dilakukan pada terakhir pengamatan setelah daun dioven selama 2 hari

dengan suhu 105 ° C , lalu ditimbang. Dengan cara ini di ambil daun dari gandum dan dibuang akarnya.

3.5.5 Indeks Sensivitas

Melihat secara keseluruhan variabel (parameter) pengamatan yang telah diuji terhadap cekaman kekeringan dinilai dengan indeks kepekaan terhadap cekaman (S) dengan rumus:

$$S = \frac{\left(1 - \frac{YS}{YP}\right)}{1 - \frac{\overline{YS}}{\overline{YP}}}$$

- S = Indeks kepekaan terhadap cekaman
 YS = Hasil tanaman pada kondisi tercekam
 YP = Hasil tanaman pada kondisi normal
 \overline{YS} = Hasil rata-rata tanaman pada kondisi tercekam
 \overline{YP} = Hasil rata-rata tanaman dalam kondisi normal

- Dimana, $S < 0,5$ = Toleran
 $0,5 < S < 1$ = Medium
 $S > 1$ = Peka

(Fischer & Maurer 1978)

3.5.6 Peluang Ketahanan

Peluang ketahanan digunakan untuk melihat berapa persen peluang ketahanan dari masing-masing genotipe. Peluang ketahanan dihitung dengan menggunakan Grafik Interaktif Kurva Normal Standar, dimana dengan memasukkan nilai mean(rata-rata) variabel yang diamati dan nilai Standar deviasinya (Sauro, 2007).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian menggunakan PolyEtilen Glikol (PEG) merupakan salah satu metoda alternatif yang dapat digunakan untuk menguji tanaman pada kekeringan di Laboratorium sebelum melakukan pengujian di Rumah Kaca. Pengujian di Rumah kaca berguna untuk mengetahui tanaman yang mempunyai sifat toleransi dilapangan. Pengujian ini juga untuk mengetahui perbedaan antara sifat toleransi di Laboratorium dan di Rumah Kaca. PEG merupakan senyawa osmotikum yang digunakan sebagai stimulasi kondisi kekeringan, yang dapat menghambat penyerapan air oleh sel atau jaringan tanaman sehingga menyebabkan tanaman kekurangan air (mengalami cekaman).

4.1 Tinggi Tanaman Gandum

Indeks sensitivitas tanaman gandum berdasarkan tinggi tanaman dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil analisis indeks sensitivitas terhadap cekaman (S) ternyata setiap genotipe menunjukkan kemampuan toleransi yang beragam terhadap cekaman kekeringan yang diberikan. Indeks toleransi tertinggi terdapat pada genotipe SO-3 sebesar -22.83 dengan peluang toleransi terhadap cekaman kekeringan 93.84 %. Genotipe Jarissa sebesar 6.67 dengan peluang toleransi terhadap cekaman kekeringan 82.68 %. Empat genotipe tergolong pada kriteria peka yaitu genotipe SO-4 memiliki nilai sensitivitas 6.00, dimana indeks sensitivitasnya > 1 sehingga tergolong peka terhadap cekaman kekeringan. Gambar pertumbuhan tinggi tanaman gandum pada umur 1 minggu setelah tanam dan umur 4 minggu setelah tanam dapat dilihat pada Lampiran 6. Ada perbedaan tingkat keragaman yang ditunjukkan oleh masing-masing genotipe yang diberikan cekaman PEG dan NonPEG.

Pada saat perkecambahan selama 7 hari yang disimpan ditempat yang gelap (lemari tertutup) genotipe yang diberi perlakuan PEG dan NonPEG memiliki pertumbuhan yang berbeda seperti terlihat pada Lampiran 5. Dimana genotipe yang diberi perlakuan PEG memiliki daya perkecambahan yang rendah dibandingkan dengan perkecambahan NonPEG. Kecambah gandum pada kondisi nonstres tidak terjadi hambatan dalam penyerapan air akan tetapi dengan adanya PEG sebagai simulasi cekaman kekeringan menyebabkan terhambatnya penyerapan air.

Cekaman kekeringan tersebut menyebabkan proses metabolisme perkecambahan gandum menjadi terhambat sehingga pertumbuhan gandum pada kondisi tercekam memiliki daya berkecambah yang rendah. Kecilnya daya berkecambah tersebut disebabkan karena adanya serangan jamur. Jamur ini merupakan jenis penyakit yang menyerang benih. Jamur ini timbul pada penyimpanan benih yang kurang kering saat disimpan, diantaranya *Fusarium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Rhizopus sp.*, dan *Mucor sp.* Adanya jamur ini menyebabkan vigor benih menurun, busuk, akar kecambah tidak normal dan rentan terhadap penyakit rebah kecambah.

Tabel 1. Indeks sensitivitas 9 genotipe gandum berdasarkan tinggi tanaman.

Genotipe	Tinggi tanaman gandum		Indeks sensitivitas	Standar Deviasi	Kriteria sensitivitas terhadap kekeringan	Peluang toleransi (%)
	PEG 20 %	PEG 0%				
S0-1	24.10	26.32	4.00	6.06	Peka	40.84
S0-2	26.17	23.58	-5.83	6.71	Toleran	52.63
S0-3	27.52	19.95	-22.83	22.15	Toleran	93.84
S0-4	11.72	16.90	6.00	10.39	Peka	29.67
S0-5	23.93	26.63	4.50	13.75	Peka	33.85
Nias	22.80	21.33	-3.83	6.26	Toleran	57.49
Dewata	18.83	22.78	7.17	17.21	Peka	46.71
Jarissa	25.95	23.41	-6.67	13.50	Toleran	82.68
S0-11	21.38	26.23	-6.00	12.62	Toleran	69.30

Swasti (1993) menjelaskan bahwa varietas dan galur yang memperlihatkan perkembangan akar yang lebih baik juga cenderung memperlihatkan tinggi tanaman yang lebih tinggi. Karena diduga varietas yang pertumbuhannya tidak tertekan mampu untuk bertahan pada cekaman. Secara umum tanaman akan menunjukkan respon tertentu bila mengalami cekaman kekeringan. Respon tanaman terhadap cekaman sangat ditentukan oleh tingkat cekaman yang dialami serta fase pertumbuhan tanaman saat mengalami cekaman. Bila tanaman dihadapkan pada kondisi kering terdapat 2 macam tanggapan yang dapat memperbaiki status tanaman pada air yaitu: (1) tanaman mengubah distribusi asimilat baru untuk mendukung pertumbuhan akar dengan mengorbankan pertumbuhan tajuk, sehingga dapat meningkatkan kapasitas akar menyerap air serta menghambat pemekaran daun untuk mengurangi transpirasi (2) Tanaman juga akan

mengatur derajat pembukaan stomata untuk menghambat kehilangan air lewat transpirasi (Mansfield dan Akitson, 1990).

Tanaman yang memiliki tinggi tanaman yang tinggi, namun tidak diiringi dengan menembus lapisan lilin. Jadi pada parameter tinggi tanaman kurang tepat menjadi indikator tanaman toleran dan peka.

4.2 Panjang Akar Tembus Lapisan Lilin

Indeks sensitivitas tanaman gandum berdasarkan panjang akar tembus lapisan lilin dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil analisis terdapat tiga genotipe gandum yang toleran terhadap cekaman yang diberikan yaitu: SO-1, S0-4, Nias sedangkan enam genotipe lainnya tergolong pada kriteria peka yaitu: SO-2, SO-3, SO-5, Jarissa, Dewata dan SO-11. Ini disebabkan karena cekaman PEG, terdapat genotipe yang tidak mampu bertahan sehingga mati yaitu pada genotipe Dewata. Kematian tersebut disebabkan karena 2 hal yaitu akibat pengaruh PEG dan akibat adanya jamur yang menyerang benih gandum pada saat perkecambahan dipetridish. Sedangkan peluang ketahanan pada masing-masing genotipe memiliki keragaman. Nilai peluang toleransi yang paling tinggi terdapat pada genotipe Nias sebesar 86.59 % dan diikuti dengan genotipe SO-1 sebesar 70.47 %.

Tabel 2. Indeks toleransi genotipe gandum berdasarkan panjang akar tembus lapisan lilin.

Genotipe	Panjang akar yang tembus lapisan lilin		Indeks sensitivitas	Standar deviasi	Kriteria sensitivitas terhadap kekeringan	Peluang toleransi (%)
	PEG 20 %	PEG 0%				
S0-1	0.30	0.03	-1.71	2.96	Toleran	70.47
S0-2	0.00	0.10	0.00	0.00	Peka	0.00
S0-3	0.30	0.20	0.00	0.00	Peka	00.00
S0-4	0.03	0.06	0.42	0.74	Toleran	68.50
S0-5	0.00	0.06	0.00	0.00	Peka	0.00
Nias	0.63	0.06	-6.00	10.39	Toleran	86.59
Dewata	0.00	0.00	0.00	0.00	Peka	0.00
Jarissa	0.06	0.00	0.00	0.00	Peka	0.00
S0-11	4.76	0.00	0.00	0.00	Peka	0.00

Secara genetis sebenarnya dua tanaman tidak akan sama pertumbuhannya, sudah banyak laporan penelitian yang dipublikasikan bahwa terdapat keragaman baik dalam spesies maupun antar spesies tanaman. Keragaman yang ditemukan

meliputi sifat morfologi atau yang tampak (fenotip) maupun yang tidak tampak (genetik) (Swasti *et al.*, 2007).

Genotipe gandum yang toleran kekeringan memiliki sistim perakaran yang dalam yang dapat menembus lapisan tanah sampai kedalaman lebih dari 20 cm di bawah permukaan tanah, sehingga pada saat kekeringan, akar yang dalam masih dapat memanfaatkan air yang masih tersedia pada kedalaman lebih dari 20 cm di bawah permukaan tanah. Sistim perakaran yang seperti ini dapat dijadikan kriteria pembantu untuk memilih genotipe gandum yang toleran kekeringan. Uji daya tembus akar merupakan salah satu cara untuk mencari genotipe yang memiliki toleransi terhadap kekeringan. Tanaman yang tidak dapat menembus lapisan lilin pertumbuhannya terganggu, karena tidak dapat mengambil bahan makanan dari larutan hara Yoshida, bahkan sebagian tanaman mati.

Dwijoseputro (1984) menyatakan bahwa panjang pendeknya akar dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan seperti : kekerasan media, banyak sedikitnya air dan jauh dekatnya air tanah. Ini menunjukkan gandum yang peka terhadap kekeringan akan menyebabkan pertumbuhan akar menjadi terhambat. Pertumbuhan akar yang panjang juga berkaitan erat dengan kandungan karbohidrat atau cadangan makanan yang terdapat pada batang. Tanaman yang memiliki cadangan makanan yang banyak akan memiliki energi untuk awal pertumbuhan akar selanjutnya, yang kemudian dipengaruhi oleh lingkungannya. Hal ini menandakan pada genotipe yang toleran, ada upaya memperpanjang akar dalam usaha mendapat air dan hara yang cukup.

4.3 Jumlah Akar Tembus Lapisan Lilin

Indeks sensitivitas sembilan genotipe gandum berdasarkan jumlah akar yang mampu menembus lapisan lilin dapat dilihat pada Tabel 3. Tiga genotipe gandum menunjukkan toleran terhadap cekaman kekeringan yaitu: SO-3, Nias dan Jarissa. Enam genotipe lainnya tergolong peka terhadap cekaman kekeringan yaitu: SO-1, SO-2, SO-4, SO-5, Dewata dan SO-11. Akibat cekaman PEG, terdapat genotipe yang tidak mampu bertahan sehingga mati seperti yang terdapat pada genotipe Dewata. Kematian tersebut disebabkan karena 2 hal yaitu akibat pengaruh PEG dan akibat adanya jamur yang menyerang gandum pada saat perkecambahan dan pengaruh PEG. Hal ini disebabkan karakter pada setiap tanaman berbeda-beda.

Tabel 3. Indeks sensitivitas 9 genotipe gandum berdasarkan jumlah akar tembus lapisan lilin

Genotipe	Jumlah akar yang tembus lapisan lilin		Indeks sensitivitas	Standar Deviasi	Kriteria sensitivitas terhadap kekeringan	Peluang toleransi (%)
	PEG 20%	PEG 0%				
S0-1	1.00	0.33	0.00	0.00	Peka	0.00
S0-2	0.00	1.67	0.00	0.00	Peka	0.00
S0-3	0.67	0.67	-11.1	19.23	Toleran	63.44
S0-4	0.33	0.03	0.00	0.00	Peka	0.00
S0-5	0.00	1.67	0.00	0.00	Peka	0.00
Nias	1.67	0.67	-44.44	76.98	Toleran	86.32
Dewata	0.00	0.00	0.00	0.00	Peka	0.00
Jarissa	0.67	0.00	-0.50	0.74	Toleran	54.12
S0-11	1.33	0.00	0.00	0.00	Peka	0.00

Pada dasarnya peranan akar dinilai sangat penting, karena penyerapan air tanah tergantung pada besar dan jumlah akar yang dapat menembus lapisan tanah yang lebih dalam. Dilihat dari nilai peluang ketahanannya, hanya 1 genotipe yang toleran yaitu genotipe SO-1 memiliki ketahanan 61.94 % sedangkan genotipe lainnya tergolong kriteria peka. Penampilan akar yang tembus lapisan lilin dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Gambar penampilan akar yang tembus lapisan lilin pada genotipe SO-11 (4 minggu setelah tanam)



A. PEG 0 %

B. PEG 20 %

Suardi (2000) menyatakan, bahwa ketahanan suatu tanaman terhadap kekeringan ditentukan oleh kemampuan tanaman tersebut memanfaatkan air yang berada dibagian tanah yang dalam. Kemampuan memanfaatkan air yang ada pada

bagian tanah yang lebih dalam ditentukan oleh kekuatan daya tembus dan panjang akar. Sifat fisik akar yang berupa perakaran panjang, padat dengan jumlah yang relatif serta diameter akar yang besar menjadi tolok ukur pada genotipe tahan kekeringan. Kepadatan akar makin berkurang dengan makin dalamnya lapisan tanah, karena kekerasan yang makin tinggi. Tanaman dengan batang tinggi dan anakan kurang cenderung mempunyai perakaran yang dalam sehingga dapat menembus lapisan lilin.

Mackill *et al.*, (1996) menyatakan bahwa mekanisme sifat perakaran dalam erat hubungannya dengan ketahanan terhadap kekeringan. Hubungan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut : perakaran yang dalam dan padat berpengaruh terhadap penyerapan air dengan besarnya tempat penampungan air tanah dan besarnya daya tembus akar pada lapisan tanah meningkatkan penyerapan air pada kondisi tanah yang dalam.

4.4 Berat Kering Tanaman Gandum

Indeks sensitivitas sembilan genotipe gandum berdasarkan berat kering tanaman dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil analisis ternyata, semua genotipe menunjukkan kemampuan toleransi yang baik terhadap cekaman kekeringan yang diberikan, meskipun ada perbedaan tingkat keragaman toleransi yang ditunjukkan oleh masing-masing genotipe. Terdapat 2 genotipe yang tergolong pada kriteria sedang dan enam genotipe tergolong pada kriteria toleran. Indeks sensitivitas tertinggi terdapat pada genotipe SO-3 sebesar -0.50 dengan peluang toleransinya 97.68 % yang diikuti oleh genotipe SO-11 indeks sensitivitasnya sebesar -0.28 dengan peluang toleransinya 64.55 %. Meskipun ada beberapa genotipe yang menunjukkan indeks yang terlalu rendah namun tidak terlalu berpengaruh karena genotipe tersebut masih dalam fase toleransi sedang seperti genotipe Nias sebesar 0.76 dan Jarissa 0.52.

Hal ini menunjukkan bahwa genotipe yang toleran lebih dapat membentuk bahan kering pada kondisi tercekam, tetapi ada juga genotipe yang tidak mampu membentuk bahan kering dengan baik terhadap cekaman yang diberikan. Perbedaan tingkat toleransi pada setiap genotipe yang diberikan sangat mempengaruhi oleh terbentuknya tajuk pada tanaman yang sangat berpengaruh terhadap penyediaan daun untuk mendapatkan bahan kering bagi tanaman. Peluang

toleransi masing-masing genotipe memiliki nilai yang beragam. Genotipe yang paling tinggi peluang toleransinya terdapat pada genotipe SO-3 sebesar 97.68 %, SO-4 sebesar 92.31 % dan yang paling rendah terdapat pada genotipe Nias sebesar 53.47 %. Keragaman toleransi indeks seluruh genotipe gandum ini mencerminkan bahwa genotipe-genotipe ini memberikan berat kering tanaman yang berkurang akibat mendapat cekaman yang cukup besar dari lingkungan tumbuhnya.

Tabel 4. Indeks sensitivitas 9 genotipe gandum berdasarkan berat kering tanaman gandum.

Genotipe	Berat kering tanaman gandum		Indeks sensitivitas	Standar deviasi	Kriteria sensitivitas terhadap kekeringan	Peluang toleransi (%)
	PEG 20 %	PEG 0%				
SO-1	0.04	0.04	0.21	0.90	Toleran	88.94
SO-2	0.05	0.05	0.06	0.68	Toleran	65.65
SO-3	0.07	0.07	-0.50	0.74	Toleran	97.68
SO-4	0.08	0.07	-0.13	1.39	Toleran	92.31
SO-5	0.04	0.04	0.05	0.38	Toleran	71.67
Nias	0.03	0.07	0.76	2.27	Sedang	53.47
Dewata	0.04	0.04	0.08	0.50	Toleran	60.79
Jarissa	0.06	0.05	0.52	1.36	Sedang	55.55
SO-11	0.04	0.04	-0.28	0.30	Toleran	64.55

Dwijoseputro (1992) menyatakan bahwa berat kering mencerminkan status nutrisi tanaman atau banyaknya hara yang diserap tanaman, yaitu unsur hara yang ada dalam tanah berperan dalam proses metabolisme di dalam tubuh tanaman dan untuk memproduksi bahan kering tanaman, sedangkan laju fotosintesisnya tergantung pada serapan hara. Hasil fotosintesis mempengaruhi berat kering tanaman bila translokasi asimilat lancar di dalam tanaman maka berat kering tanaman juga akan meningkat. Hasil tanaman yang semakin kecil terjadi pada genotipe peka sebagai akibat dari pertumbuhan yang terhambat, seperti hasil akhir berat kering tajuk tanaman genotipe peka akibat pentranslokasian fotoasimilat yang intensif dari tajuk akar sehingga mengakibatkan sumber energi ditajuk cepat terkuras yang pada akhirnya menghambat pertumbuhan tajuk, keadaan ini menjadikan bobot kering tajuk pada genotipe peka menjadi rendah.

4.5 Rekapitulasi Indeks Sensivitas

Indeks sensitivitas terhadap sembilan genotipe gandum dapat dilihat pada Tabel 5. Dari data tersebut terdapat tiga genotipe yang dinyatakan toleran seperti genotipe SO-3, Nias, Jarissa, dan enam genotipe yang peka yaitu: SO-1, SO-2, SO-4, SO-5, Dewata, dan SO-11 dari parameter yang telah diamati. Dua atau lebih variabel yang diuji mengalami kepekaan, jadi genotipe tersebut dapat digolongkan dalam bentuk yang peka. Keragaman toleransi sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan maupun faktor genetik dari masing-masing genotipe, meskipun lingkungan tidak memberikan pengaruh yang besar namun dari genetik yang dimiliki oleh masing-masing genotipe ada kemungkinan tingkat keragaman terjadi pada setiap individu yang ada.

Yeo *et al* (1994) menyatakan bahwa telah terdapat keragaman genetik terhadap cekaman dan penyerapan hara yang ditemukan pada tanaman baik antar spesies maupun dalam spesies, hal ini memberi peluang untuk melakukan seleksi terhadap kultivar-kultivar yang mampu tumbuh atau hidup pada kondisi cekaman. Seleksi dapat dilakukan terhadap sifat-sifat yang mencerminkan toleransi seperti sifat morfologi maupun fisiologi atau pada sifat yang tampak saja, padahal cekaman lingkungan yang diterima sangat kompleks, dimana cekaman yang kompleks tersebut akan menghasilkan efek fisiologi dan tanggap tanaman. Keragaman yang terjadi pada suatu tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungannya saja tetapi juga dipengaruhi oleh genetik tanaman itu sendiri.



Tabel 5. Indeks toleransi 9 genotipe gandum berdasarkan rekapitulasi indeks toleransi

Genotipe	Variabel Tolerance Indeks (TI)											Kriteria ketahanan terhadap kekeringan	
	Tinggi Tajuk Tanaman		Peluang Ketahanan	Panjang akar Tembus Lapisan lilin		Peluang Ketahanan	Jumlah akar Tembus Lapisan Lilin		Peluang Ketahanan	Berat Kering Tajuk			Peluang Ketahanan
	indeks	Kriteria		Indeks	Kriteria		Indeks	Kriteria		Indeks	Kriteria		
S0-1	1.2	Toleran	57.84	0.84	Toleran	58.47	2.78	Toleran	61.94	0.52	Toleran	54.94	Toleran
SO-2	1.17	Toleran	52.63	0.00*	Peka	0.00	0.00*	Peka	61.94	1.10	Toleran	70.65	Peka
SO-3	1.04	Toleran	53.84	1.68	Toleran	69.6	0.00*	Peka	0.00	1.43	Toleran	90.68	Toleran
SO-4	0.25*	Peka	29.67	0.84	Toleran	58.5	0.01*	peka	47.25	2.18	Toleran	87.31	Peka
SO-5	1.21	Toleran	53.85	0.00*	Peka	0	0.00*	Peka	0	0.73	Toleran	71.67	Peka
Nias	0.92	Toleran	56.71	4.2	Toleran	69.59	0.16*	Peka	46.32	0.83	Toleran	67.47	Toleran
Dewata	0.8	Toleran	57.49	0.00*	Peka	0	0.00*	Peka	0	0.73	Toleran	76.79	Peka
Jarissa	1.14	Toleran	79.68	0.00*	Peka	0	0.00*	Peka	0	1.3	Toleran	75.55	Peka
SO-11	1.1	Toleran	69.30	0.00*	Peka	0	0.00*	Peka	0	0.59	Toleran	68.55	Peka

Ket : *Peka



4.6 Analisis Kandungan Prolin

Hasil analisis kandungan asam amino prolin yang dilakukan terhadap 2 genotipe gandum disajikan pada Tabel 6. Dimana 2 genotipe diambil masing-masing dari kelompok toleran dan peka.

Tabel 6. Kandungan prolin genotipe gandum

PEG	Genotipe	Kriteria berdasarkan Indeks Sensivitas (S)	Kandungan Prolin ($\mu\text{M/g}$ berat basah)
20 %	SO-3	Toleran	230
	Jarissa	Peka	197
0 %	SO-3	Toleran	151
	Jarissa	Peka	103

Analisis kandungan prolin yang telah dilakukan terhadap 2 genotipe gandum, ternyata pada PEG 20 % genotipe SO-3 (toleran) memiliki kandungan prolin yang lebih tinggi dibandingkan genotipe Jarissa (peka). Sedangkan pada PEG 0 % genotipe Jarissa (peka) memiliki kandungan prolin sedikit dibandingkan dengan genotipe SO-3 (toleran). Dwimahyani dan Ishak (1994) menyatakan bahwa semakin tinggi peningkatan kandungan prolin yang terdapat pada tanaman maka semakin toleran tanaman terhadap cekaman kekeringan. Secara umum kandungan prolin pada tiap tanaman mengalami tingkat toleransi yang beragam. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakter atau sifat setiap tanaman yang berbeda-beda dalam masa pertumbuhan serta pengaruh dari genetiknya.

Meningkatnya kandungan prolin bebas pada tingkat cekaman air tinggi disebabkan oleh meningkatnya akumulasi prolin bebas pada daun sebagai sumber energi pada proses oksidasi tanaman jika karbohidratnya rendah. Fungsi prolin bebas adalah sebagai penyimpan karbon dan nitrogen selama cekaman air, karena pada saat itu sintesis karbohidrat terhambat (Hanson *et al*, 1977).

Prolin adalah asam amino yang proporsinya dapat bertambah lebih cepat daripada asam amino lainnya dalam jaringan tanaman pada kondisi kekeringan. Dengan demikian tinggi rendahnya kadar prolin dalam jaringan tanaman dapat

digunakan untuk mengevaluasi tingkat toleransi galur, varietas atau somaklon terhadap kekeringan (Bates *et al*, 1973).

Salah satu faktor yang berkaitan dengan sifat fisiologi tanaman untuk bertahan dalam kondisi tercekam kekeringan adalah dengan adanya perubahan akumulasi prolin dalam jaringan. Akumulasi prolin bebas dalam tanaman selama periode stress air berkolerasi nyata dengan kecepatan penyembuhan kembali pada periode post-stres (akhir stress). Prolin bebas bertindak sebagai senyawa penyimpan karbon dan nitrogen selama periode stress air, karena pada saat itu sintesis karbohidrat dan protein dihambat maka dalam hal ini prolin berfungsi sebagai senyawa penyimpan energi yang digunakan untuk pertumbuhan setelah tanaman disiram kembali.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan mengenai uji toleransi beberapa genotipe gandum (*triticum aestivum*) terhadap cekaman kekeringan berdasarkan Indeks Sensivitas (S), terdapat tingkat keragaman toleransi terhadap cekaman kekeringan yang telah diberikan. Dimana perbedaan tanggap sembilan genotipe yang telah diuji tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan tinggi tanaman diperoleh lima genotipe gandum yang toleran, yaitu: SO-2, SO-3, Nias, Jarissa dan SO-11.
2. Berdasarkan panjang akar yang tembus lapisan lilin diperoleh tiga genotipe yang toleran terhadap cekaman kekeringan yaitu: SO-1, SO-4, dan Nias.
3. Berdasarkan jumlah akar yang tembus lapisan lilin diperoleh tiga genotipe yang toleran terhadap cekaman kekeringan yaitu: genotipe SO-3, Nias dan Jarissa.
4. Berdasarkan berat kering tajuk tanaman didapatkan ternyata keseluruhan dari sembilan genotipe gandum tersebut menunjukkan kemampuan toleransi yang baik terhadap cekaman yang diberikan.
5. Hasil analisis kandungan prolin menunjukkan bahwa genotipe toleran memiliki kandungan prolin yang lebih besar dari genotipe peka pada kondisi cekaman kekeringan.

Dari beberapa variabel yang diamati diperoleh 3 genotipe yang toleran terhadap cekaman kekeringan yaitu: SO-3, Nias dan Jarissa.

5.2 SARAN

Penelitian uji toleransi gandum terhadap cekaman kekeringan perlu dilakukan uji lanjut yaitu pada fase generatif dan hasil pada tanaman gandum. Pengujian skrining kekeringan tanaman gandum dilapangan perlu dilakukan sebagai tindak lanjut hasil pengujian di Rumah Kaca, agar diperoleh informasi toleransi terhadap kekeringan yang lebih lengkap dan akurat. Genotipe gandum yang tergolong toleran seperti genotipe SO-3, Nias dan Jarissa dapat dikembangkan sebagai bahan sumber gen dalam pemuliaan tanaman untuk toleransi terhadap kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnon, I. 1975. *Physiological Principles of Dryland Crop production*. Pp.3-145. In U.S. Gupta (Ed.) *Physiological Aspects of Dryland Farming*. New Delhi: Oxford Press.
- Azwar, R., T. Danakusuma, 1989. *Prospek Pengembangan Terigu di Indonesia. Risalah Simposium II Penelitian Tanaman Pangan*. Puslitbangtan, Bogor.
- Babu, R.C., H.G.Zheng, M.S.Pathan, M.L. Ni, A. Blun, and H.T.Nguyen. 1996. *Molecular Mapping of Drought Resistance Traits in Rice*. (Ed). Rice Genetics III Proceeding of the Third International Rice Genetics Symposium. IRRI, Los Banos, p. 637-642.
- Badan Pusat Statistik. 2010. *Indonesia Home Republika Online*. http://koran.republika.co.id/koran/0/41806/Impor_Gandum_Naik.
- Bates, L.S., R.P., Waldren dan I.D., Teare. 1973. *Rapid Determination of Free Proline Water Stress Studies*. Plant Soil 39 :205-207.
- Bray, E.A. 1988. *Drought- and ABA-induced Changes in Polypeptide and mRNA Accumulation in Tomato Leaves*. Plant Physiol. 88:1210-1214.
- Budi, D. S. 2000. *Strategi Antisipasi Kekeringan Dalam Budidaya Tanaman Padi Sawah Melalui Sistem Tabela, TOT dan Pengelolaan Air Dalam Amin (eds)*. Perubahan penggunaan lahan, iklim dan produktivitas tanaman. Jurnal Petanian.
- Dencic S, R Kastori, B Kobiljski, B Duggan. 2000. *Evaluation of Grain Yield and Its Components in Wheat and Llandraces Near Optimal and Drought Conditions*. Euphytica 113:43-52.
- Dirjen Bina Produksi Tanaman Pangan. 2001. *Budidaya Gandum*. Jakarta : Departemen Pertanian <http://pustaka.litbang.deptan.go.id> [diakses tanggal 30 Juli 2012].
- Dirjen Bina Produksi Tanaman pangan. 2001. *Teknologi Produksi Gandum*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Dwijoseputro, D. 1984. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta. PT. Gramedia. 232 hal.
- Dwijoseputro, D. 1992. *Ilmu Tanah*. Jakarta. PT. Meliyama. Sarana Perkasa.
- Dwimahyani, I. dan Ishak. 1994. *Seleksi kekeringan secara invitro dari embrio mutan padi gogo (Oryza sativa L.) dengan PEG*. Aplikasi isotop dan radiasi dalam bidang industri, Pertanian dan Lingkungan. Jakarta
- Fischer RA, Maurer R. 1978. *Drought resistance in spring wheat cultivars I: grain yield responses*. Aust J Agric Res 29:897-912.
- Gao W. 2003. *Wide-Cross Whole-Genome Radiation Hybrid (WWRH) Mapping and Identification of Cold-Responsive Genes Using Oligo-Gene Microarray Analysis in Cotton*. Dissertation. Texas A&M University.

- Hanson, A. D., E. Charles., E. H. Nelsen and Everson. 1977. *Evaluation of Free Proline Accumulation as an Index of Drought Resistance Using Two Contrasting Barley Cultivars*. *Crop Science* 17: 720-726.
- Hidayat, A.2001. *Mengatur Pemberian Air . Modul Program Budidaya Tanaman*. Departemen pendidikan Nasional.
- Hijri, A. 2007. *Respon Beberapa Genotipe Padi Gogo Terhadap Kekeringan Pada Media In Vitro*[skripsi]. Padang. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Hal 257-270. <http://www.google.com> [Maret 2009].
- Husni, A., Hutami, S., Kosmiatin, M dan Mariska, I.2004. *Pembentukan Benih Somatik Dewasa Kedelai dan Aklimatisasi Serta Uji Terhadap Indikator Sifat Toleransi Kekeringan*. Kumpulan Makalah Seminar Hasil Penelitian BB-Biogen Tahun 2004. Hal 156-160.
- Kasper, T.C.,H.M.Taylor and R.C.Shibles. 1984. *Top Root Elongation rates of Soybean Cultivars in The Glasshouse and Their Relation to Field Rooting Depth*. *Crop sci*. 24:916-920.
- Kitbanmroong C, Chatachume Y. 1993. *Crop Improvement for Drought Tolerance*. Di dalam: *Proceeding Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*. AVRDC, Taipei, 13-18 Agu 1992.
- Lakitan, B. 1996. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta. Raja Grafindo persada. Hal 203.
- Lawyer, D.W.1970. *Absorption of PoliEthilene Glikol by Plants the Effect on Plant Grow*. *New Physiol*. (69): 501-513.
- Lestari, E.G. 2005. vol.7 hal 44- *Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklonal Padi Gajahmugkur, Towoti dan IR 64*. *Biodiversitas* 48.
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Academic Press, New York and London.
- Liu, W.F., S.T. Ho, Y.H. Chen, W.S. Chen. 1987. *Relationship Between Free Proline Accumulation in Leaves and Yields of Sugarcane Varieties under Drouht*. *Plant Growth Regulation* 20: 157-166.
- Mackill, D.J.,W.K Coffman. And D.P.Garrity.1996. *Rice Research and Production in the 21 st Century*. IRRI, Los Banos, Philippines.p.137-149.
- Manfield., T.A and C.J. Atkinson. 1990. *Stomatal Behavior in Water Stressed Plants*. P .241-246. In Alscher ang Cumming(Ed.). *Stress respons in plant: adaption and acclimation mechanism*. Wiley-Liss, Inc., New York.
- Minardi, S.2009. *Optimalisasi Pengelolaan Lahan Kering Untuk Pengembangan Pertanian Tanaman Pangan* . <http://pustaka.uns.ac.id> [Diakses tanggal 19 Mei 2011]

- Morgan, J.M. 1984. *Osmoregulation and Water Stress in Higher Plants*. *Ann.Rev.Plant Physiol.*35:299-319.
- Mubiyanto, B.M. 1997. *Tanggapan Tanaman Kopi Terhadap Cekaman Air*. *Warta Pusat kopi dan kakao* 13 (2) :83-95.
- Nasir, A. A. 1987. *Beberapa Aspek Agroklimatologi dalam Pengembangan Tanaman Gandum (Triticum sp.) di Indonesia*. Fakultas Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Nazari L, Pakniyat H (2010). *Assessment of Drought Tolerance in Barley Genotypes*. *J. Appl. Sci.*, 10(2): 151-156.
- Nguyen, H.T.,T.babu and A.Blum. 1997. *Breeding for Droutht Resistance in rice:Physiology ang Molecular Genetics Considerations*. *Crop Sci.* 37 : 1426-1434.
- Prinz, D. 2004. *Global Climate Change*. Paper Presented at Graduate School of Sebelas Maret University.
- Samsons, B.K and L.J. Wade. 1998. *Soil Physical Contrans Affecting Root Growth, Water Extraction, and Nutrient Uptake in Rainfed Lowland Rice*. In Ladha, J.K.(Ed).
- Sauro, J. 2007. *Interactive Graph of the Standard Normal Curve*. (www.measuringusability.com/index.php) [diakses tanggal 30 Mei 2012].
- Shahryari R, Mollasadeghi V (2011). *Introduction of Two Principle Components for Screening of Wheat Genotypes Under end Seasonal Drought*. *Adv. Environ. Biol.* 5(3): 519-522.
- Staf Laboratorium Ilmu Tanaman.2007. *Hubungan Air dan Tanaman.Slide. Hal 20-27 stress Tolerance*. Di dalam: *Proceeding Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*. AVRDC, Taipei, 13-18 Agu 1992. hlm 257-270.
- Suardi, D. 2000. *Kajian Metode Skrining Padi Tahan Kekeringan*. *Buletin Agrobio* 3 (2): 67-73.
- Suardi, D. dan Moeljopawiro. 2001. *Daya Tembus Akar Padi Pada Media Parafin dan Vaseline*. *Jurnal penelitian Pertanian Tanamn pangan* 18 (1) :23-28.
- Sunaryo, W. 2002. *Regenerasi dan Evaluasi Variasi Somaklonal Kedelai (Glycine max (L) Merr.) Hasil kultur jaringan serta seleksi terhadap cekaman kekeringan menggunakan simulasi polyethylene glycol (PEG)* [Tesis]. Bogor: Faperta, Institut Pertanian Bogor.
- Supranto, J. M.A. 2000. *Statistik Teori dan Aplikasi (Edisi Keenam)*. Jakarta. Erlangga. Hal 130.
- Susilowadi,A.,M Jawal AS dan N.L.P.Indriyani. 1998. *Pengaruh Media Semai dan Bobot Biji terhadap Perkecambahan Duku*. *Stigma* vol.6 No.1

- Swasti, E. 1993. *Pengujian Ketegangan terhadap Keracunan Aluminium pada Beberapa Varietas dan Galur Kacang Hijau (Phaseolus radiatus L).* [Tesis]. Pendidikan Pascasarjana KPK IPB-UNAND. Padang.
- Swasti, E. 2003. *Penuntun Praktikum Pemuliaan Tanaman Lanjutan.* Padang. Fakultas Pertanian Universitas Andalas.
- Swasti, A. Syarif., I, Suliansyah, dan N.E. Putri. 2007. *Eksplorasi, Identifikasi dan Pemantapan Koleksi Plasma Nutfah Padi asal Sumbar.* Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- Turner, N.C. 1979. *Drought Resistance and Adaptation to Water Deficits in Crop Plants.* Pp.343-372. In H. Mussell and R.C Staples(Eds.). *Stress Physiology in crop Plants.* New York : Wiley –interscience.
- U.S. Wheat Associates. 2011. *Wheat Import Projections Towards 2050.* Hal 5-6.
- Vallejo, P.R. & J. D. Kelly. 1998. *Traits Related to Drought Resistance in common been.* *Euphytica* 99: 127– 136.
- Verslues, P.E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J. and Zhu, J-K. 2006. *Techniques For Molecular Analysis: Methods and Concepts in Quantifying Resistance to Drought, Salt and Freezing, Abiotic Stresses that Affect Plant Water Status.* *The Plant Journal* 45:523–539.
- Welirang, F. 2010. *Laporan Assosiasi Produsen Tepung Terigu Indonesia (APTINDO).* Aptindo. Jakarta [Diakses 21 Mei 2011].
- Widoretno, W., Guhardja, E., Ilyas, S., dan Sudarsono. 2002. *Efektifitas Polietilene Glikol untuk Mengevaluasi Tanggapan Genotipa Kedelai terhadap Cekaman Kekeringan pada Fase Perkecambahan.* *Hayati* 9 (2): 33-36.
- Widoretno, W. 2003. *Seleksi in-vitro untuk Toleransi terhadap Cekaman Kekeringan Kedelai (Glycine max L. Merr) dan Karakterisasi Varian Somaklonal yang Toleran.* [Tesis]. Bogor. Program Pasca sarjana Institut pertanian. Hal 96.
- Wiyono, T.N. 1980. *Budidaya Tanaman Gandum.* PT Karya Nusantara Jakarta. 47 hlm.
- Yamada , Y. And Y. Fokutoku. 1983. *Effect of Water Stress on Soybean Metabolism.*pp. 373-382. In S.Shanmugan-Sundaran and E.W Sulzberger(Eds) . *Soybean in Tropical and Subtropical Cropping Systems.*Proc.Sym.Tsukuba, Jepang.
- Yeo Me, Yeo Ar, Flowers, Tj. 1994. *Photosynthesis In The Genes Oryza.* *J.Exp.bot.* 45:553-560

Lampiran 1. Jadwal kegiatan Penelitian dari bulan Januari sampai Februari 2012

Kegiatan	Minggu ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Persiapan media,alat,benih, bahan dan alat	■									
Perendaman dengan PEG 6000	■									
Pembuatan lapisan lilin	■									
Pengamatan dilaboratorium	■									
Pengamatan rumah kaca	■	■	■	■	■	■				
Pemeliharaan	■	■	■	■	■	■				
Pengolahan data						■	■	■	■	■
Penulisan laporan						■	■	■	■	■



Lampiran 2. Denah penempatan plot percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL).

A9B1 ¹	A1B2 ³	A5B2 ²	A9B2 ¹	A7B1 ²	A3B1 ³
A8B1 ¹	A3B2 ²	A5B2 ¹	A4B1 ³	A1B1 ³	A3B1 ²
A5B2 ³	A7B2 ³	A4B2 ²	A7B1 ³	A3B2 ²	A2B2 ³
A2B2 ¹	A2B1 ³	A9B1 ³	A2B1 ¹	A2B2 ²	A5B1 ³
A6B1 ³	A9B1 ²	A1B1 ²	A8B2 ¹	A9B2 ²	A8B2 ³
A3B1 ¹	A8B1 ³	A1B2 ¹	A2B1 ²	A8B2 ²	A9B2 ³
A5B1 ¹	A4B2 ³	A6B2 ³	A5B1 ²	A7B2 ¹	A4B2 ¹
A6B2 ¹	A6B2 ²	A8B1 ²	A6B1 ¹	A3B2 ¹	A6B1 ³
A1B1 ¹	A6B1 ³	A4B1 ²	A4B1 ¹	A7B1 ¹	A1B2 ²

Keterangan :

A1, A2, A3,.....A9 = Perlakuan Genotipe

B1 Dan B2 = 20 % PEG dan PEG 0 %

1,2,3 = Ulangan

Lampiran 3. Denah penempatan benih dalam *petridish*



Keterangan :

a = Benih

b = Petridish

c = kertas stensil

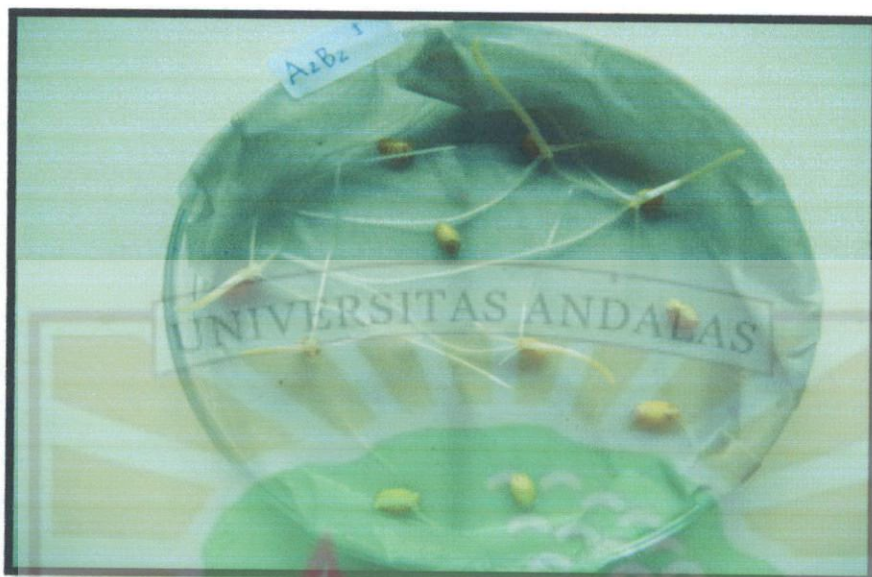
Lampiran 4. Komposisi larutan hara Yoshida

Unsur	Senyawa	Konsentrasi Larutan stok (mg/l)(ppm)	Kebutuhan untuk stok (mg/l)	Konsentrasi larutan (ppm)/2ml
MAKRO				
N	NH ₄ NO ₃	8000	4000	0,7
P	NAH ₂ PO ₄	8000	4000	0,7
K	K ₂ SO ₄	8000	4000	0,7
Ca	CaCl ₂ .2H ₂ O	8000	4000	0,7
Mg	MgSO ₄ .7H ₂ O	8000	4000	0,7
MIKRO				
Zn	ZnSC ₄ .7H ₂ O	100	50	0,7
Cu	CuSO ₄ .5H ₂ O	100	50	0,7
B	H ₃ BO ₃	100	50	0,7
Mn	MnCL ₂ .H ₂ O	100	50	0,7
Mo	(NH ₄) ₆ . Mo7O ₂₄ .4H ₂ O	100	50	0,7
Fe	FE-EDTA (FeSO ₄ 7H ₂ o)	27,8	1,39	0,7
	NA ₂ EDTA	37,2	1,86	0,7

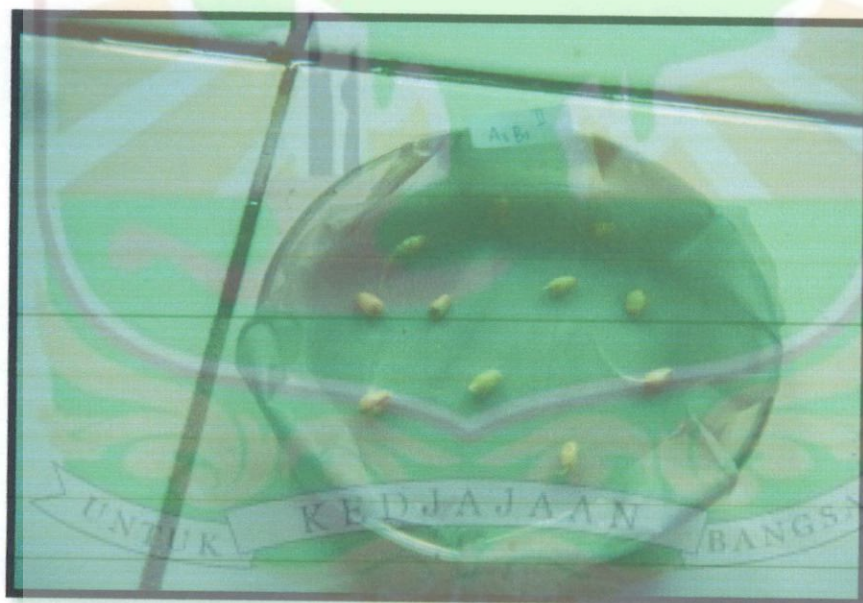
Sumber : Swasti, 2003. *Penuntun Praktikum Pemuliaan Tanaman Lanjutan, Jurusan Budidaya Pertanian Unand.*



Lampiran 5. Perkecambahan tanaman gandum yang disimpan pada tempat yang gelap (lemari yang ditutup rapat)



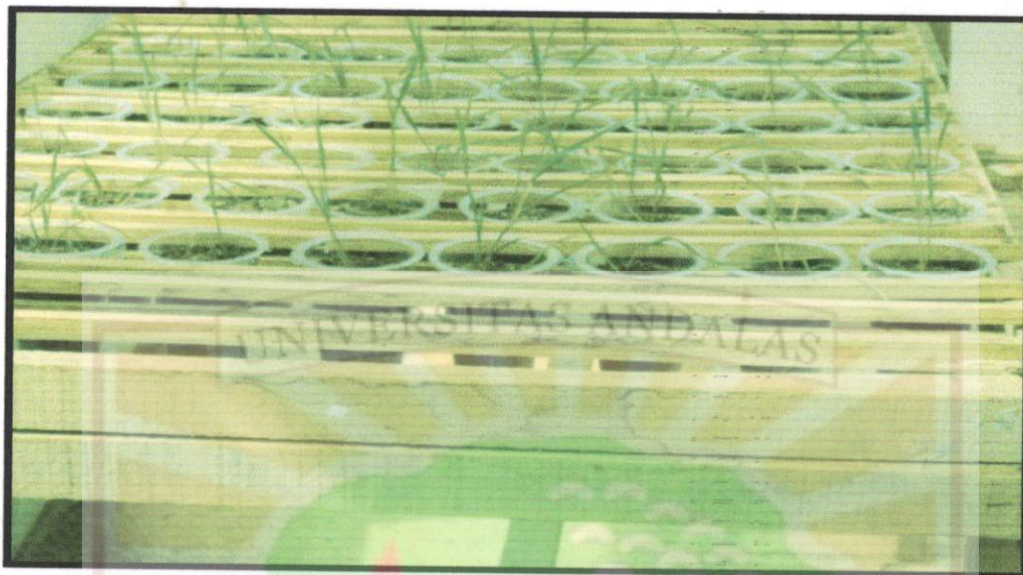
A. PEG 0 %



B. PEG 20 %

Keterangan: Perkecambahan tanaman gandum ditempat gelap selama 7 hari ditempat gelap, dimana pada PEG 0 % memiliki daya kecambah yang lebih tinggi dibandingkan dengan PEG 20 %.

Lampiran 6. Fase pertumbuhan tanaman gandum di Rumah Kaca



Gambar A. Umur 1 minggu setelah tanam



Gambar B. Umur 4 minggu setelah tanam

MILIK
UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS