

**Toleransi Beberapa Genotipe Gandum (*Triticum aestivum* L.)
Terhadap Kekeringan pada Stadia Perkecambahan**

Tolerance of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes for Drought at Germination Stage

Andina Fabrini Firdausya¹, Nurul Khumaida^{2*}, dan Sintho Wahyuning Ardie²

¹Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 21 Januari 2015/Disetujui 16 Oktober 2015

ABSTRACT

Drought is a major abiotic stress impeding wheat production world wide. Selection of potentially drought tolerant genotypes are necessary for wheat improvement. The objective of this study was to test the tolerance level of nine wheat genotypes to drought stress at germination stage. Assesment at germination stage using osmoticum solution is an effective method for selecting tolerant genotypes to drought stress in a short period of time. The experiment was arranged on a randomized complete block design with two factors and three replications. The first factor was wheat genotype consisted of Nias, Selayar, Dewata, H-20, Munal, SBD, SBR, S-03, and YMH. The second factor was concentration of PEG 6000 consisted of 0, 5, 10, 15, and 20%. Observation variables were germination percentage, shoot length, root length, number of root, number of leaf, seedling fresh weight, and seedling dry weight. Increasing level of PEG concentration inhibited the growth of wheat seedling. Based on the highest R^2 value on the regression analysis, relative root length can be used as selection character. Based on RD_{50} value of relative root length, 15% PEG was determined concentration to select drought tolerant on wheat genotypes. Nias genotype was identified as tolerant genotype, while SBD, S-03, YMH, and Munal were identified as drought sensitive genotypes.

Keywords: abiotic stress, osmotic potential, Polyethylene Glycol, RD_{50} , relative root length

ABSTRAK

Kekeringan merupakan salah satu cekaman abiotik yang mempengaruhi produksi gandum di dunia. Sebagai upaya pengembangan tanaman gandum toleran cekaman kekeringan perlu dilakukan seleksi untuk mendapatkan genotipe yang berpotensi toleran terhadap cekaman. Penelitian ini bertujuan untuk menguji toleransi beberapa genotipe gandum terhadap cekaman kekeringan pada stadia perkecambahan. Pengujian pada stadia perkecambahan menggunakan larutan osmotikum merupakan metode yang efektif untuk memilih genotipe toleran dalam periode waktu yang singkat. Percobaan disusun berdasarkan rancangan kelompok lengkap teracak faktorial dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama merupakan genotipe gandum yang terdiri atas Nias, Selayar, Dewata, H-20, Munal, SBD, SBR, S-03, dan YMH. Faktor kedua merupakan konsentrasi PEG 6000 yang terdiri atas 0, 5, 10, 15, dan 20%. Pengamatan dilakukan pada peubah persentase perkecambahan, panjang tunas, panjang akar, jumlah akar, jumlah daun, bobot segar kecambah, dan bobot kering kecambah. Peningkatan konsentrasi PEG menghambat pertumbuhan kecambah gandum. Berdasarkan nilai R^2 tertinggi pada analisis regresi, panjang akar relatif dapat dijadikan indikator seleksi. Berdasarkan nilai RD_{50} pada karakter panjang akar relatif, 15% PEG dapat digunakan untuk menentukan genotipe gandum yang berpotensi toleran kekeringan secara cepat. Genotipe Nias merupakan genotipe yang toleran kekeringan, sedangkan genotipe SBD, S-03, YMH, dan Munal merupakan genotipe yang peka terhadap cekaman kekeringan.

Kata Kunci: Cekaman abiotik, panjang akar relatif, Polyethylene Glycol, RD_{50} , tekanan osmotik

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: nkhumaida@yahoo.com

PENDAHULUAN

Gandum (*Triticum aestivum* L.) merupakan tanaman sereal penting dan dibudidayakan secara luas. Tanaman ini mewakili sekitar 30% area pertanian sereal di dunia, dengan lebih dari 220 juta ha area budidaya (Cossani dan Reynolds, 2012). Permintaan gandum di Indonesia sangat tinggi, hal ini terlihat dari nilai impor gandum yang terus meningkat. Impor gandum Indonesia pada tahun 2011 sebesar 5.7 juta ton (USD 1.59 milyar) dan meningkat pada tahun 2012 hingga mencapai 6.5 juta ton (USD 1.52 milyar) (FAO, 2013). Tanaman gandum memiliki peluang yang cukup baik untuk dikembangkan di Indonesia mengingat tingginya konsumsi dan nilai impor gandum Indonesia. Pengembangan tanaman gandum di Indonesia merupakan upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap negara lain.

Balibangtan (2007) melaporkan bahwa luas lahan kering di Indonesia mencapai 22 juta ha. Pengembangan tanaman gandum pada lahan kering merupakan upaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan ini. Namun demikian, pengembangan tanaman gandum pada lahan kering akan terkendala oleh suhu tinggi (Yang *et al.*, 2002; Farooq *et al.*, 2011; Hakim *et al.*, 2012) dan cekaman kekeringan (Ji *et al.*, 2010; Saeedipour dan Moradi, 2011; Rattey *et al.*, 2011). Oleh karena itu, perlu dikembangkan tanaman gandum toleran cekaman kekeringan.

Sebagai upaya pengembangan tanaman gandum toleran cekaman kekeringan, perlu dilakukan identifikasi genotipe berpotensi toleran terhadap cekaman kekeringan. Upaya pemilihan genotipe toleran terhadap cekaman kekeringan cukup sulit diterapkan di lapangan karena kondisi cekaman heterogen dan memerlukan waktu yang cukup lama. Pengujian toleransi pada tahap perkecambahan menggunakan larutan osmotik merupakan metode yang efektif untuk memilih genotipe berpotensi toleran terhadap cekaman kekeringan dalam periode waktu singkat.

Larutan osmotikum dapat mengatur potensial air dalam media tanam, sehingga sering digunakan untuk memberikan kondisi cekaman kekeringan pada tanaman. Beberapa larutan osmotikum yang biasa digunakan diantaranya adalah *polyethylene glycol* (PEG), mannitol, dan melibiose. *Polyethylene glycol* merupakan bahan yang baik untuk mengontrol potensial air dan tidak dapat diserap oleh tanaman. Besarnya penurunan potensial air sangat bergantung pada konsentrasi dan bobot molekul PEG (Michael dan Kaufmann, 1973). Potensial osmotik larutan PEG 6000 secara linier berhubungan dengan konsentrasi. Potensial osmotik pada konsentrasi tertentu akan meningkat secara linier akibat peningkatan suhu (Michael dan Kaufmann, 1973).

Identifikasi toleransi genotipe terhadap cekaman kekeringan pada tahap perkecambahan menggunakan PEG telah dilakukan pada tanaman gandum (Bayoumi *et al.*, 2008; Sayar *et al.*, 2008; Baloch *et al.*, 2012), kedelai (Kosturkova *et al.*, 2008; Widoretno, 2011), sorgum (Rajendran *et al.*, 2011), millet (Govindaraj *et al.*, 2010), padi (Xia *et al.*, 2006; Suardi, 2000), kanola (Torabi dan

Ardestani, 2013), oat (Mut dan Akay, 2010), nilam (Djazuli, 2010), dan kapas (Sumartini *et al.*, 2013). Michael (1977) melaporkan bahwa penggunaan PEG 6000 menyebabkan penundaan penyerapan air oleh benih kedelai.

Baloch *et al.* (2012) melaporkan bahwa konsentrasi PEG yang dapat digunakan untuk seleksi pada tahap perkecambahan pada tanaman gandum adalah 15%, sementara menurut Sayar *et al.* (2008) digunakan konsentrasi 25%. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi PEG yang optimum untuk lingkungan seleksi genotipe toleran cekaman kekeringan bergantung pada genotipe. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji toleransi sembilan genotipe gandum terhadap cekaman kekeringan pada stadia perkecambahan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium kultur jaringan tanaman, Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB pada bulan September sampai November 2013. Percobaan disusun berdasarkan rancangan kelompok lengkap teracak (RKL) faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah genotipe yang terdiri atas 9 genotipe, yaitu Nias, Selayar, Dewata, H-20, Munal, SBD, SBR, S-03, dan YMH. Faktor kedua adalah konsentrasi PEG 6000 yang terdiri atas 5 taraf, yaitu 0 (kontrol), 5, 10, 15, dan 20% yang berturut-turut setara dengan potensial osmotik sebesar 0.0, -0.0768, -0.2336, -0.4705, dan -0.7874 MPa (dihitung dengan menggunakan persamaan Michael dan Kaufmann, 1973). Perkecambahan dilakukan pada kondisi lingkungan terkontrol dengan suhu 22.5 °C. Setiap satuan percobaan terdiri atas cawan petri berdiameter 9 cm berisi 10 benih.

Benih gandum disemai dalam cawan petri yang dilapisi 3 lembar kertas saring dan dibasahi oleh 10 mL larutan PEG (Bayoumi *et al.*, 2008) yang dimodifikasi dengan penambahan 3 ml larutan PEG ke dalam media setiap hari untuk menjaga kelembaban media. Pengamatan dilakukan setiap hari hingga 10 hari setelah semai (HSS) terhadap peubah persentase perkecambahan, panjang tunas, jumlah akar, dan jumlah daun. Pengamatan peubah bobot segar dan bobot kering kecambah dilakukan pada 10 HSS.

Berdasarkan data pengamatan yang diperoleh, dapat ditentukan nilai persentase benih berkecambah, kadar air kecambah, rasio panjang akar:tunas, dan nilai relatif setiap peubah terhadap kontrol. Persentase benih berkecambah dihitung menggunakan rumus $= (n/N) \times 100\%$, dimana n adalah jumlah benih berkecambah pada 10 HSS, sedangkan N adalah jumlah benih yang disemai. Benih dikategorikan berkecambah apabila telah memiliki panjang akar ± 2 mm. Kadar air kecambah ditentukan dengan menghitung selisih bobot segar kecambah dengan bobot kering kecambah. Rasio panjang akar:tunas dihitung dengan membandingkan panjang akar terhadap panjang tunas. Nilai relatif peubah terhadap kontrol dihitung menggunakan persamaan nilai relatif $= V_s/V_p$, dimana V_s merupakan nilai absolut peubah pada kondisi tercekam, sedangkan V_p merupakan nilai absolut peubah pada kondisi optimum (kontrol).

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan uji-F pada taraf nyata 5%. Apabila perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap peubah pengamatan, dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji DMRT. Respon peubah terhadap konsentrasi PEG dianalisis dengan menggunakan analisis regresi dan perhitungan RD_{50} (Reduction Dose 50%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh PEG terhadap Pertumbuhan

Perlakuan konsentrasi PEG memberikan pengaruh yang nyata hampir pada seluruh peubah pengamatan, demikian juga dengan perlakuan genotipe. Akan tetapi tidak terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan konsentrasi PEG dan genotipe.

Konsentrasi PEG berpengaruh sangat nyata terhadap persentase benih berkecambah, panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar, panjang akar, rasio panjang akar:tunas, bobot segar kecambah gandum, dan kadar air kecambah (Tabel 1). Pertumbuhan kecambah gandum pada 10 HSS terhambat akibat peningkatan konsentrasi PEG. Hal ini didukung oleh Bayoumi *et al.* (2008) yang melaporkan bahwa aplikasi PEG mampu menginduksi penurunan panjang tunas, panjang akar, bobot tunas, bobot akar, dan panjang koleoptil.

Persentase benih berkecambah pada kontrol (0% PEG) adalah 83% dan semakin menurun hingga 19% pada konsentrasi 20% PEG. Beberapa penelitian melaporkan terjadinya penurunan linier dan nyata pada persentase benih berkecambah akibat peningkatan konsentrasi PEG, diantaranya pada tanaman gandum (Sayar *et al.*, 2008), kedelai (Kosturkova *et al.*, 2008), dan sorgum (Rajendran *et al.*, 2011). Senyawa PEG merupakan bahan yang mengubah potensial osmotik dan sesuai untuk menginduksi cekaman kekeringan pada tanaman. Peningkatan konsentrasi PEG mengakibatkan penurunan potensial osmotik media. Penurunan potensial osmotik media ini mampu mempengaruhi kemampuan benih untuk berkecambah dan menjadi kurang vigor akibat penurunan daya serap air oleh benih. Lestari dan Mariska (2006), menyatakan bahwa kekeringan pada saat benih berkecambah akan mengakibatkan metabolisme benih terganggu, sehingga hanya benih toleran kekeringan saja yang mampu berkecambah.

Peningkatan konsentrasi PEG mengakibatkan penurunan panjang tunas kecambah gandum (Tabel 1). Penurunan panjang tunas merupakan salah satu respon tanaman yang berada pada lingkungan dengan cekaman kekeringan. Tanaman yang tumbuh pada lingkungan dengan cekaman kekeringan umumnya lebih pendek dibandingkan tanaman pada kondisi optimum (Silva *et al.*, 2013). Peningkatan konsentrasi PEG mengakibatkan penurunan jumlah daun, jumlah akar, panjang akar, dan bobot segar kecambah. Jumlah daun kecambah gandum mengalami penurunan hingga 50% pada konsentrasi 10% PEG dibandingkan dengan pada kondisi kontrol. Jumlah akar mengalami penurunan nyata dibandingkan

pada kondisi kontrol mulai konsentrasi 5% PEG dan semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi PEG. Hambatan pertumbuhan akar yang nyata juga terjadi dengan meningkatnya konsentrasi PEG yang ditunjukkan oleh penurunan panjang akar hingga 95% pada konsentrasi 20% PEG dibandingkan pada kondisi kontrol (Tabel 1).

Penghambatan pertumbuhan kecambah gandum terjadi akibat tidak tersedianya cukup air dalam jaringan untuk melakukan proses pertumbuhan. Michael (1977) melaporkan bahwa penyerapan air oleh benih kedelai menjadi sangat lambat saat diberi perlakuan PEG. Semakin tinggi konsentrasi PEG, penyerapan air ke dalam jaringan tanaman menjadi semakin lambat. Lambatnya penyerapan air oleh benih mengakibatkan rendahnya kandungan air dalam tanaman. Hal ini ditunjukkan oleh semakin rendahnya kadar air kecambah akibat peningkatan konsentrasi PEG. Kadar air kecambah pada kontrol adalah sebesar 70.0%, selanjutnya pada PEG konsentrasi 5, 10, 15, dan 20% kadar air berkurang secara berturut-turut menjadi 53.6, 46.4, 35.5, dan 27.8% (Tabel 1).

Berdasarkan analisis regresi, peubah yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi merupakan peubah yang dapat digunakan sebagai karakter seleksi. Peubah tersebut adalah panjang akar relatif dan jumlah akar relatif dengan nilai R^2 berturut-turut sebesar 0.871 dan 0.834 (Gambar 1). Berdasarkan kedua peubah tersebut ditentukan nilai *reduction dose* 50 (RD_{50}), yaitu dosis konsentrasi yang menyebabkan penurunan nilai peubah sebesar 50% dari nilai pada kontrol. Konsentrasi PEG optimum berdasarkan nilai RD_{50} bervariasi tergantung pada peubah yang digunakan (Tabel 2). Berdasarkan nilai RD_{50} , seleksi pada peubah panjang akar relatif dapat dilakukan menggunakan konsentrasi 16% PEG, konsentrasi terdekat pada percobaan ini adalah 15%. Seleksi pada peubah jumlah akar relatif dapat dilakukan dengan menggunakan konsentrasi 19.9% PEG, konsentrasi terdekat dalam percobaan ini adalah 20%.

Mekanisme toleransi tanaman gandum terhadap cekaman kekeringan, yaitu dengan mengembangkan sistem perakaran melalui peningkatan jumlah akar untuk meningkatkan kemampuan mengakses air, peningkatan rasio tajuk:akar, pengurangan jumlah dan luas daun untuk mengurangi laju transpirasi yang juga berakibat pada penurunan laju fotosintesis dan produksi biomassa (Zingaretti *et al.*, 2013). Selain itu tanaman juga memiliki perakaran yang dalam sehingga dapat meraih air lebih banyak dibandingkan tipe akar yang pendek (Akinci dan Dorothy, 2011). Karakter panjang akar dan jumlah akar merupakan indikator ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan, sehingga kedua karakter ini dapat digunakan sebagai karakter seleksi.

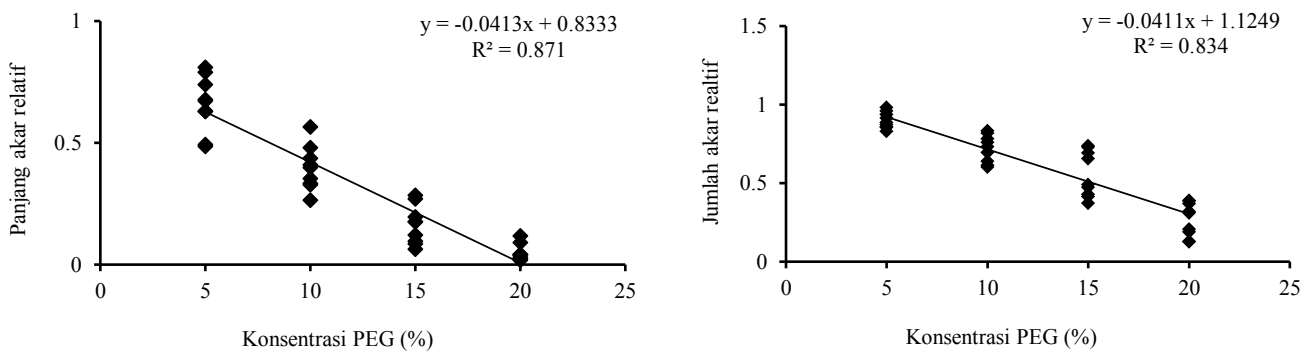
Respon Genotipe terhadap PEG

Respon genotipe terhadap konsentrasi PEG yang digunakan berbeda-beda. Genotipe Nias, Selayar dan Dewata pada konsentrasi 5% PEG memiliki persentase

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi PEG terhadap persentase benih berkecambah, panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar, panjang akar, rasio panjang akar: tunas, bobot basah kecambah, dan kadar air kecambah gandum pada 10 HSS

Konsentrasi PEG (%)	Persentase benih berkecambah	Panjang tunas (cm)	Jumlah daun	Jumlah akar	Panjang akar (cm)	Rasio panjang akar:tunas	Bobot basah kecambah (g)	Kadar air kecambah (%)
0	83.3a	8.78a	1.4a	5.4a	6.94a	0.79c	0.092a	70.0a
5	77.0a	4.35b	0.8b	4.8b	4.50b	1.44b	0.069b	53.6b
10	66.3b	2.22c	0.6c	3.9c	2.69c	1.86a	0.061c	46.4c
15	45.2c	0.71d	0.1d	2.9d	1.08d	1.71ab	0.057c	35.5d
20	19.3d	0.21d	0.0d	1.5e	0.32d	0.94c	0.055c	27.8e

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada $\alpha = 5\%$



Gambar 1. Analisis regresi konsentrasi PEG terhadap panjang akar relatif dan jumlah akar relatif kecambah gandum pada 10 hari setelah semai

benih berkecambah sama dengan kontrol. Hal ini terlihat dari persentase benih berkecambah relatif yang bernilai 1 (Gambar 2). Beberapa genotipe memiliki persentase benih berkecambah lebih tinggi dibanding kontrol, diantaranya adalah genotipe H-20 dan SBR dengan nilai relatif lebih dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi 5% PEG tidak terlalu mempengaruhi kemampuan benih untuk berkecambah.

Persentase benih berkecambah relatif semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi PEG (Gambar 2). Penurunan mulai terlihat cukup tinggi pada konsentrasi 10% PEG, kecuali pada genotipe Nias, Dewata, dan Selayar. Genotipe Nias dan Dewata tidak mengalami penurunan persentase benih berkecambah pada konsentrasi 10% PEG,

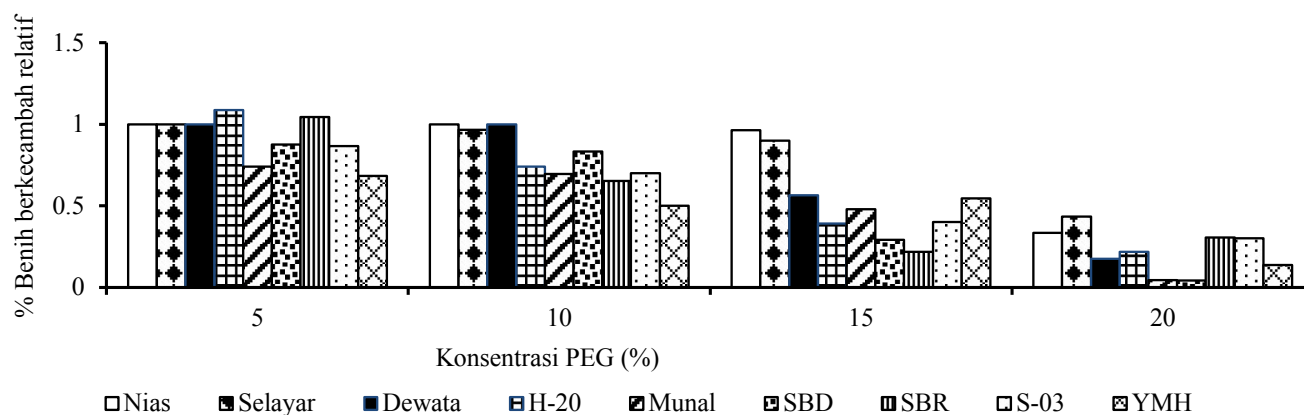
Tabel 2. *Reduction dose* (RD_{50} , %) sembilan genotipe gandum pada peubah panjang akar, jumlah akar, panjang akar relatif, dan jumlah akar relatif saat 10 hari setelah semai

Peubah	RD_{50} (%)
Panjang akar	8.9
Jumlah akar	15.2
Panjang akar relatif	16.0
Jumlah akar relatif	19.9

sementara genotipe Selayar mengalami penurunan tidak lebih dari 10% dibandingkan kontrol. Hal ini terlihat dari persentase benih berkecambah relatif yang bernilai 1 pada genotipe Nias dan Dewata; serta bernilai 0.9 pada genotipe Selayar. Berbeda dengan genotipe Nias, Dewata, dan Selayar, keenam genotipe lainnya mengalami penurunan lebih dari 20% dengan nilai persentase benih berkecambah relatif kurang dari 0.8 (Gambar 2).

Genotipe Nias dan Selayar memiliki nilai persentase benih berkecambah relatif lebih dari 0.9, sedangkan ketujuh genotipe lainnya berkisar antara 0.2 hingga 0.5 pada konsentrasi 15% PEG. Persentase benih berkecambah kesembilan genotipe menjadi sangat rendah pada perlakuan PEG 20%, dengan nilai relatif hanya berkisar antara 0.1 hingga 0.4 (Gambar 2).

Berdasarkan nilai RD_{50} pada karakter seleksi panjang akar relatif, telah ditentukan bahwa konsentrasi PEG yang dapat digunakan sebagai konsentrasi seleksi adalah 16% PEG. Konsentrasi terdekat pada percobaan ini adalah 15% PEG. Oleh karena itu, analisis data dilakukan menggunakan RKLTL dengan genotipe sebagai faktor tunggal pada konsentrasi 15% PEG. Genotipe memberikan pengaruh nyata terhadap peubah persentase benih berkecambah, panjang tunas, dan panjang akar, akan tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap peubah jumlah daun, jumlah akar, rasio panjang akar:tunas, bobot basah kecambah, dan kadar air kecambah. Persentase benih berkecambah tertinggi ditunjukkan oleh genotipe



Gambar 2. Persentase benih berkecambah relatif terhadap kontrol sembilan genotipe gandum pada beberapa konsentrasi PEG pada 10 HSS

Tabel 3. Persentase benih berkecambah, panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar, panjang akar, rasio panjang akar:tunas, bobot basah kecambah, dan kadar air kecambah beberapa genotipe gandum umur 10 HSS pada konsentrasi 15% PEG

Genotipe	Persentase benih berkecambah	Panjang tunas (cm)	Jumlah daun	Jumlah akar	Panjang akar (cm)	Rasio panjang akar:tunas	Bobot basah (g)	Kadar air kecambah (%)
Nias	86ab	1.86a	0.33	4.03	1.99a	1.54	0.07	33.6
Selayar	90a	0.76ab	0.33	3.69	1.39ab	2.05	0.07	29.2
Dewata	43abc	0.56ab	0.00	3.38	1.00bc	2.19	0.05	38.7
H-20	30c	0.46b	0.00	2.58	0.89bc	1.23	0.06	36.5
Munal	36bc	0.82ab	0.00	3.57	1.20abc	1.43	0.06	43.4
SBD	23c	0.39b	0.00	2.22	0.72bc	1.25	0.06	44.2
SBR	17c	0.38b	0.00	1.97	0.46c	2.10	0.05	25.1
S-03	40abc	0.75ab	0.33	2.66	1.25abc	1.67	0.05	39.2
YMH	40abc	0.39b	0.00	2.54	0.77bc	1.94	0.05	29.9

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada $\alpha = 5\%$

Selayar dan Nias dengan nilai 90% dan 86%. Panjang tunas tertinggi ditunjukkan oleh genotipe Nias dengan nilai 1.86 cm. Panjang akar tertinggi ditunjukkan oleh genotipe Nias dan Selayar (Tabel 3).

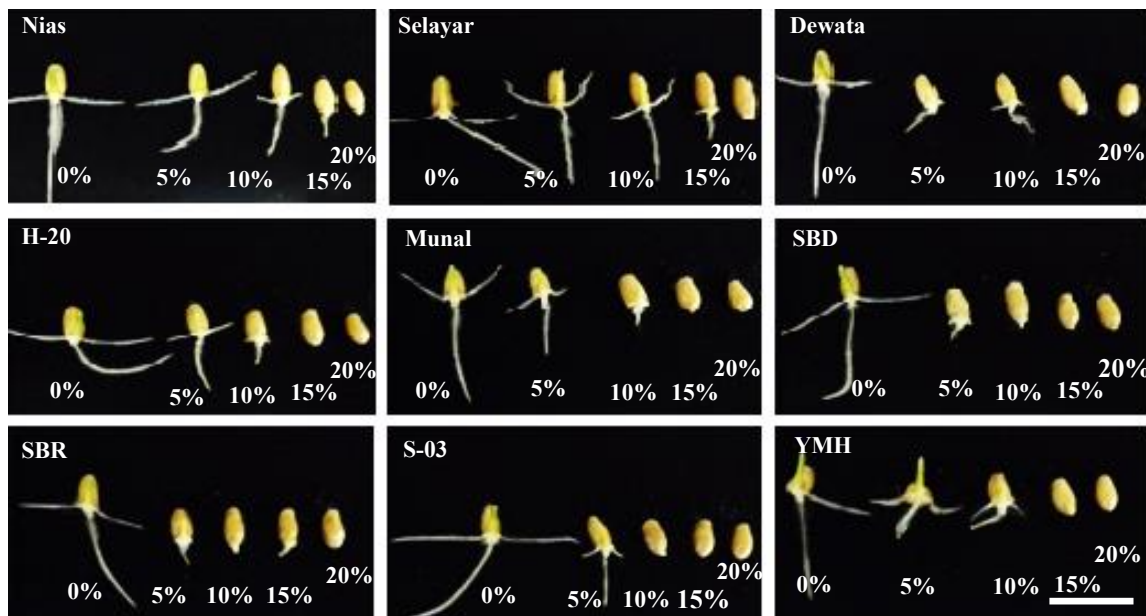
Respon tiap genotipe bervariasi berdasarkan peubah yang diamati. Oleh karena itu, pendugaan taraf toleransi genotipe terhadap cekaman kekeringan dilakukan berdasarkan karakter seleksi yang telah teridentifikasi sebelumnya, yaitu pada peubah panjang akar relatif pada konsentrasi 15% PEG. Genotipe Nias memiliki panjang akar relatif tertinggi dibandingkan dengan kedelapan genotipe lainnya, sehingga genotipe Nias diduga toleran terhadap cekaman kekeringan. Genotipe SBD, S-03, YMH, dan Munal memiliki panjang akar relatif paling rendah, yaitu kurang dari 0.1 sehingga keempat genotipe ini diduga peka terhadap cekaman kekeringan (Tabel 4).

Genotipe SBD, S-03, YMH, dan Munal pada konsentrasi 15% PEG mengalami penghambatan pertumbuhan akar saat 2 HSS (Gambar 3) dan 10 HSS (Gambar 4). Berbeda dengan keempat genotipe yang diduga

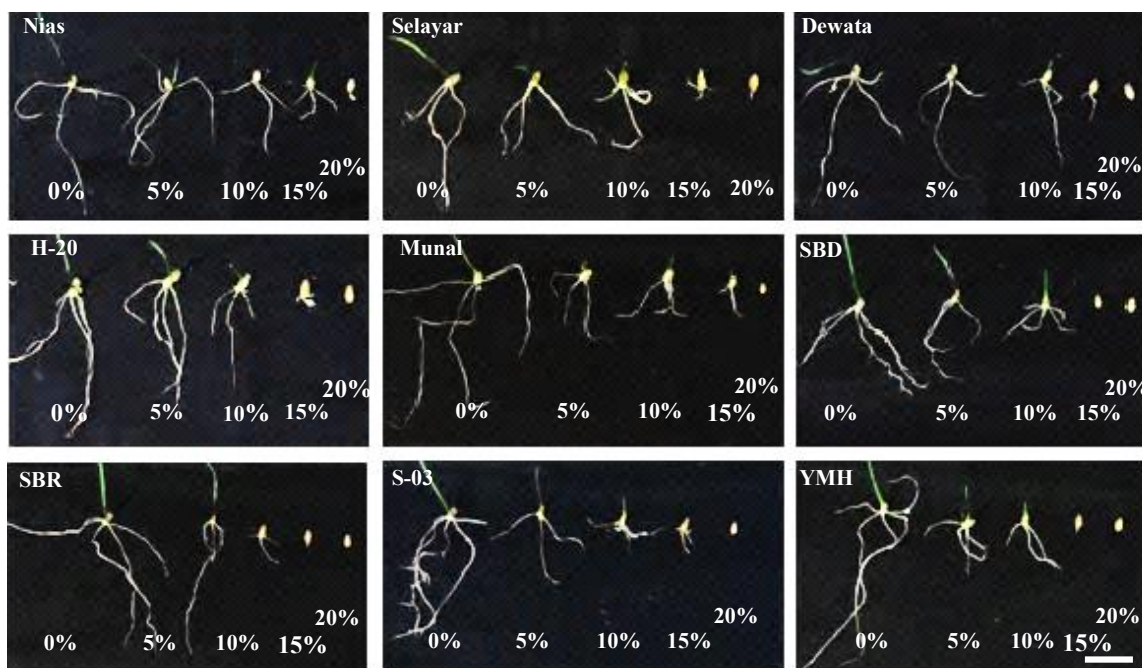
Tabel 4. Panjang akar relatif dan jumlah akar relatif kecambah beberapa genotipe gandum pada konsentrasi 15% PEG

Genotipe	Panjang akar relatif	Jumlah akar relatif
Nias	0.43a	0.73
Selayar	0.27b	0.65
Dewata	0.16bc	0.73
H-20	0.16bc	0.47
Munal	0.09c	0.69
SBD	0.08c	0.41
SBR	0.18bc	0.38
S-03	0.08c	0.49
YMH	0.08c	0.49

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada $\alpha = 5\%$



Gambar 3. Keragaan kecambah sembilan genotipe gandum pada beberapa konsentrasi PEG saat 2 hari setelah semai; Bar = 2 cm



Gambar 4. Keragaan kecambah sembilan genotipe gandum pada beberapa konsentrasi PEG saat 10 hari setelah semai; Bar = 2 cm

peka terhadap cekaman kekeringan tersebut, genotipe Nias terlihat tetap dapat tumbuh dengan baik pada konsentrasi 15% PEG.

KESIMPULAN

Peningkatan konsentrasi PEG mengakibatkan penghambatan pertumbuhan kecambah gandum. Berdasarkan nilai R^2 tertinggi pada analisis regresi, peubah yang dapat digunakan sebagai indikator seleksi adalah panjang akar relatif. Berdasarkan nilai RD_{50} karakter panjang akar relatif, seleksi dapat dilakukan pada konsentrasi 15%

PEG. Berdasarkan kriteria seleksi tersebut, diduga bahwa genotipe Nias tergolong genotipe yang toleran cekaman kekeringan, sedangkan genotipe SDB, S-03, YMH, dan Munal merupakan genotipe yang peka.

DAFTAR PUSTAKA

Akinci, S., L. Dorothy. 2011. Plant water-stress response mechanisms. p.15-42. In I.M.M. Rahman dan H. Hasegawa (Eds.). Water Stress. Intech, Rijeka, Croatia.

- [Balitbangtan] Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2007. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis: Tinjauan Aspek Kesesuaian Lahan Edisi II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta, Indonesia.
- Baloch, M.J., J. Dunwell, A.A. Khakwani, M. Dennet, W.A. Jatoi, S.A. Channa. 2012. Assessment of wheat cultivars for drought tolerance via osmotic stress imposed at early seedling growth stages. *J. Agric. Res.* 50:299-310.
- Bayoumi, T.Y., M.H. Eid, E.M. Metwali. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *Afr. J. Biotechnol.* 7:2341-2352.
- Cossani, C.M., M.P. Reynolds. 2012. Physiological traits for improving heat tolerance in wheat. *Plant Physiol.* 160:1710-1718.
- Djazuli, M. 2010. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan dan beberapa karakter morfo-fisiologis tanaman nilam. *Bul. Littro* 21:8-17.
- [FAO] Food Agricultural Organization. 2013. Dataset: OECD-FAO Agricultural Outlook 2013-2022. <http://www.oecd.org> [09 September 2013].
- Farooq, M., H. Bramley, J.A. Palta, K.H.M. Siddique. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Critical Rev. Plant Sci.* 30:1-17.
- Govindaraj, M., P. Shanmugasundaram, P. Sumathi, A.R. Muthiah. 2010. Simple, rapid and effective screening method for drought resistant breeding in pearl millet. *EJPB* 1:590-599.
- Hakim, M.A., A. Hossain, J.A. Teixeira da Silva, V.P. Zvolinsky, M.M. Khan. 2012. Yield, protein and starch content of 20 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes exposed to high temperature under late sowing conditions. *J. Sci. Res.* 4:477-489.
- Ji, X., B. Shiran, J. Wan, D.C. Lewis, C.L.D. Jenkins, A.G. Condon, R.A. Richards, R. Dolferus. 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *PC&E.* 33:926-942.
- Kosturkova, G., R. Todorova, G. Sakthivelu, M.K.A. Devi, P. Giridhar, T. Rajasekaran, G.A. Ravishankar. 2008. Response of bulgarian and indian soybean genotypes to drought and water deficiency in field and laboratory conditions. *Genet. Appl. Plant Physiol.* 34:239-250.
- Lestari, E.G., I. Mariska. 2006. Identifikasi somaklon padi Gajahmungkur, Towuti dan IR64 tahan kekeringan menggunakan *Polyethylene glycol*. *Bul Agron.* 34: 71-78.
- Michael, B.E. 1977. A model relating root permeability to flux and potentials. *Plant Physiol.* 60:259-264.
- Michael, B.E., M.R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiol.* 51:914-916.
- Mut, Z., H. Akay. 2010. Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). *Bulgarian J. Agric. Sci.* 16:459-467.
- Rajendran, R.A., A.R. Muthiah, A. Manickam, P. Shanmugasundaram, A.J. Joel. 2011. Indices of drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes at early stages of plant growth. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 7:42-46.
- Rathey, A.R., R. Shorter, S.C. Chapman. 2011. Evaluation of CIMMYT conventional and synthetic spring wheat germplasm in rainfed sub-tropical environments. II. Grain yield components and physiological traits. *Field Crop Res.* 124:195-204.
- Saeedipour, S., F. Moradi. 2011. Comparison of the drought stress responses of tolerant and sensitive wheat cultivars during grain filling: impact of invertase activity on carbon metabolism during kernel development. *JAS* 3:32-44.
- Sayar, R., H. Khemira, A. Kameli, M. Mosbahi. 2008. Physiological test as predictive appreciation for drought tolerance in durum wheat (*Triticum aestivum* Desf.). *Agron. Res.* 6:79-90.
- Silva, E.C., M.B. Albuquerque, A.D.A. Neto, C.D.S. Junior. 2013. Drought and its consequences to plants-form individual to ecosystem. p. 17-47. *In* S. Akinci (Ed.). Responses of Organisms to Water Stress. Intech, Rijeka, Croatia.
- Suardi, D. 2000. Kajian metode skrining padi tahan kekeringan. *Bul. Agrobio.* 3:67-73
- Sumartini, S., E. Sulistyowati, S. Mulyani, Abdurrakhman. 2013. Skrining galur kapas (*Gossypium hirsutum* L.) toleran terhadap kekeringan dengan PEG-6000 pada fase kecambah. *J. Litri* 19:139-146.

- Torabi, B., F.G. Ardestani. 2013. Effect of salt and drought stresses on germination components in canola (*Brassica napus* L.). IJACS 5:1642-2647.
- Widoretno, W. 2011. Skrining untuk toleransi terhadap stres kekeringan pada 36 varietas kedelai pada fase perkecambahan. Berk. Penel. Hayati 16:133-142.
- Xia, Z.S., T. Feng, Z.Z. Feng, F.Y. Cai, W.X. Kun, S.C. Qing. 2006. Identification of quantitative trait loci controlling drought tolerance at seedling stage in chinese dongxiang common wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.). Acta Gen. Sinica 33:551-558.
- Yang, J., R.G. Sears, B.S. Gill, G.M. Paulsen. 2002. Quantitative and molecular characterization of heat tolerance in hexaploid wheat. Euphytica 126:275-282.
- Zingaretti, S.M., M.C. Inacio, L.M. Pereira, T.A. Paz, S.C. Franca. 2013. Water stress in agriculture. p.151-179. *In* S. Akinci (Ed.). Responses of Organisms to Water Stress. Intech, Rijeka, Croatia.