

UJI CEPAT TANAMAN GANDUM (*Triticum aestivum* L.) TERHADAP SUHU TINGGI PADA FASE KECAMBAH

Ryan Budi Setiawan¹⁾, Nurul Khumaida²⁾, Diny Dinarti³⁾

¹⁾ Program Studi Agroteknologi Universitas Pasir Pengaraian, Rokan Hulu Riau

^{2) 3)} Departemen Agronomi dan Hortikultura Institut Pertanian Bogor

¹⁾ ryanbuset@yahoo.co.id

Alamat Kampus : Jl. Tuanku Tambusai, Kumu Desa Rambah Kecamatan Rambah Hilir

Fax: 076291663 Kode Pos 28557

ABSTRAK

Perkecambahan benih merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil tanaman di lapangan. Suhu tinggi pada tanaman adalah terdenaturasinya protein, peningkatan fluiditas membran sel, enzim-enzim *inaktif*, sintesa protein terhambat dan kehilangan integritas membran. Pendekatan utama yang dapat digunakan untuk melihat kemampuan ketahanan tanaman terhadap cekaman suhu tinggi secara morfologi yaitu dengan melihat pertumbuhan tunas dan kemampuan sistem perakaran dalam menyerap air. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk melihat pertumbuhan kecambah tiga varietas gandum pada beberapa kondisi suhu inkubator. Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak lengkap faktorial. Faktor pertama adalah varietas gandum, yang terdiri dari tiga taraf (Dewata, Nias dan Selayar) dan faktor kedua adalah suhu, yang terdiri dari tiga taraf (25, 30, 35 °C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya suhu hingga 35 °C sangat mempengaruhi semua peubah yang diamati meliputi persentase daya berkecambah, panjang akar, jumlah akar, jumlah daun, panjang tunas, bobot basah tunas dan akar serta bobot kering tunas dan akar.

Kata kunci: gandum, kecambah, ketahanan, suhu tinggi,

Pendahuluan

Perkecambahan benih merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil tanaman di lapangan. Diantara cekaman akibat faktor abiotik, peningkatan suhu merupakan salah satu masalah penting yang dapat mempengaruhi perkecambahan, pertumbuhan dan hasil tanaman gandum. Suhu tinggi menyebabkan terhambatnya penyerapan air dan zat-zat yang diperlukan saat perkecambahan. Selain itu, suhu tinggi dapat merusak membran tilakoid yang berperan dalam

proses fotosintesis, menurunkan laju fotosintesis daun, meningkatkan aborsi embrio, menurunkan jumlah biji, menurunkan durasi dan laju pengisian biji, terjadi kerusakan protein, penghambatan sintesis protein, inaktivasi enzim yang terdapat pada klorofil dan mitokondria (Prakash *et al.* 2004; Yin *et al.* 2009).

Menurut Wahid *et al.* (2007), akibat langsung dari cekaman suhu tinggi pada tanaman adalah terdenaturasinya protein, peningkatan fluiditas membran sel, enzim-enzim

inaktif, sintesa protein terhambat dan kehilangan integritas membran. Pada tingkat cekaman suhu yang sangat tinggi kerusakan atau bahkan kematian sel dapat terjadi dalam waktu beberapa menit, sedangkan pada cekaman suhu yang tidak terlalu tinggi/sedang, kerusakan atau kematian sel terjadi setelah periode waktu yang cukup lama.

Mekanisme toleransi tanaman terhadap cekaman suhu tinggi dilakukan tanaman melalui perubahan pada proses biokimia dan fisiologi yang dapat dilihat dari perubahan struktur dan fungsi membran, perubahan kadar air sel, komposisi protein, lemak dan kandungan metabolit sekunder (Zhang *et al.* 2005). Penelitian menunjukkan bahwa proses perkecambahan sangat tergantung pada kemampuan biji untuk memanfaatkan cadangan makanan secara lebih efisien dan kemudian mentransfernya untuk perkecambahan embrio. Peningkatan suhu sangat berkaitan dengan kekeringan dimana terjadinya kekurangan air yang tersedia untuk imbibisi dan perkembangan embrio. Suhu tinggi memainkan pengaruh yang sangat kritis dalam perkecambahan karena hal tersebut mempengaruhi laju penyerapan air dan zat-zat lain yang dibutuhkan untuk perkecambahan.

Pendekatan utama yang dapat digunakan untuk melihat kemampuan ketahanan tanaman terhadap cekaman suhu tinggi secara morfologi yaitu dengan melihat pertumbuhan tunas dan kemampuan sistem perakaran dalam menyerap air. Fungsi perakaran sebagai penyerap air dan hara merupakan hal utama untuk keberlangsungan pertumbuhan tanaman dalam menghadapi lingkungan tidak menguntungkan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait pengujian daya berkecambah pada toleransi terhadap berbagai macam cakaman abiotik seperti ketahanan aluminium, kekeringan, suhu rendah dan suhu tinggi telah banyak dilakukan.

Identifikasi secara cepat varietas gandum yang toleran terhadap suhu tinggi dapat dilakukan menggunakan inkubator yang dilengkapi pemanas sesuai dengan suhu yang diinginkan. Penelitian pengujian secara cepat ini diharapkan memiliki korelasi yang positif terhadap ketahanan pada fase pertumbuhan dan reproduktif.

Bahan dan Metode

Bahan tanam yang akan digunakan adalah benih tiga varietas tanaman gandum yaitu varietas Dewata, Nias, dan Selayar, kertas saring, *aquadest*, *petridisc*, inkubator suhu dan alat tulis. Percobaan disusun

berdasarkan rancangan acak lengkap faktorial. Faktor pertama adalah varietas gandum, yang terdiri dari tiga taraf (Dewata, Nias dan Selayar) dan faktor kedua adalah suhu, yang terdiri dari tiga taraf (25, 30, 35 °C). Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 27 satuan percobaan dan satuan percobaan ditanam 10 benih gandum. Benih ditanam pada *petridisc* yang dialas dengan kertas saring yang telah dibasahi dengan *aquadest* sebanyak 10 ml/petri, kemudian diinkubasi pada inkubator suhu selama ± 14 hari dengan penyinaran 12 jam. Pemberian air dilakukan setiap dua hari sekali sebanyak 10 ml/*petridisc*. Pengamatan dilakukan pada 14 HST dengan peubah yang diamati meliputi: persentase benih berkecambah, panjang tunas, panjang akar, jumlah daun, jumlah akar, bobot basah tunas dan akar, bobot kering tunas dan akar.

Prosedur Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan program SAS 9.1. Nilai rata-rata dihitung dan dibandingkan menggunakan uji selang berganda duncan (DMRT) pada taraf 5% ($p < 0.05$).

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengaruh suhu tinggi secara tunggal memberikan pengaruh yang

nyata pada persentase daya berkecambah, sedangkan pengaruh jenis varietas dan interaksi kedua faktor tidak memberikan pengaruh yang nyata. Perkecambahan benih umumnya terjadi pada hari ke-2 setelah penanaman pada ketiga varietas. Rata-rata persentase daya berkecambah pada suhu 25 °C sebesar 86.67%, pada suhu 30 °C sebesar 73.33%, sedangkan pada suhu 35 °C sebesar 64.44% (Tabel 1). Varietas Nias diketahui memiliki daya berkecambah yang tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya pada semua suhu perkecambahan yang diujikan yaitu sebesar 78.89%. Meningkatnya suhu hingga 35 °C menyebabkan terhambatnya proses perkecambahan benih pada ketiga varietas, hal ini diduga suhu tinggi mempengaruhi proses imbibisi dan laju penyerapan air ke dalam benih, selain itu diduga meningkatnya suhu juga menyebabkan inaktivasi enzim yang berperan dalam proses metabolisme perkecambahan, terutama enzim pada respirasi dan perombakan cadangan makanan. Hasil penelitian Abayomi dan Wright (1999) mengenai pengaruh potensial osmotik dan temperatur terhadap perkecambahan gandum menunjukkan bahwa meningkatnya suhu hingga 30 °C menurunkan persentase daya

berkecambah antara 6-85% pada semua varietas yang diuji.

Pengamatan terhadap panjang akar menunjukkan bahwa perlakuan suhu tinggi secara tunggal memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang akar, sedangkan pengaruh varietas secara tunggal tidak memberikan pengaruh secara nyata, tetapi interaksi kedua faktor berpengaruh nyata terhadap panjang akar. Panjang akar pada suhu 25 °C sekitar 10.06 cm, pada suhu 30 °C sekitar 7.02 cm, sedangkan pada suhu 35 °C sekitar 6.33 cm. Perlakuan suhu tinggi pada varietas Dewata pada suhu 30 dan 35 °C menurunkan pertumbuhan akar secara signifikan, sehingga akar yang terbentuk lebih pendek dibandingkan dengan perlakuan suhu 25 °C. Varietas Selayar mampu membentuk akar lebih panjang sekitar 7.72 cm pada suhu tinggi (35 °C) dibandingkan kedua

varietas lain (Tabel 1). Respon ini diduga merupakan salah satu mekanisme ketahanan terhadap suhu tinggi, dimana peningkatan panjang akar berperan dalam proses penyerapan air.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis varietas memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah akar, sedangkan pengaruh suhu secara tunggal tidak berpengaruh, tetapi interaksi antara kedua faktor memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah akar. Jumlah akar yang terbentuk berkisar 5.02-6.80 helai pada ketiga varietas gandum. Varietas Selayar dan Nias menunjukkan jumlah akar yang lebih banyak ketika terjadi peningkatan suhu dibandingkan dengan varietas Dewata (Tabel 1). Morfologi kecambah pada berbagai suhu inkubasi disajikan pada gambar 1.

Tabel 1 Pengaruh suhu dan varietas terhadap persentase daya berkecambah, panjang akar dan jumlah akar tiga varietas gandum

Varietas	Suhu (°C)			Rata-rata
	25	30	35	
	Daya berkecambah (%)			
Dewata	93.33	63.33	60.00	72.22
Nias	86.67	80.00	70.00	78.89
Selayar	80.00	76.67	63.33	73.33
Rata-rata	86.67 ^A	73.33 ^{AB}	64.44 ^B	
	Panjang akar (cm)			
Dewata	10.60 ^{aA}	6.61 ^{aB}	5.24 ^{bB}	7.48
Nias	10.12 ^{aA}	7.51 ^{aB}	6.02 ^{aC}	7.88
Selayar	9.45 ^{aA}	6.94 ^{aB}	7.72 ^{aB}	8.04
Rata-rata	10.06 ^A	7.02 ^B	6.33 ^C	
	Jumlah akar (helai)			
Dewata	5.51 ^{bA}	5.31 ^{bA}	5.77 ^{aA}	5.53 ^b
Nias	5.02 ^{bB}	6.80 ^{aA}	6.41 ^{aA}	6.08 ^a
Selayar	6.56 ^{aA}	6.09 ^{aA}	6.08 ^{aA}	6.24 ^a
Rata-rata	5.70	6.07	6.09	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama dan huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$.

Peningkatan suhu 30 °C menyebabkan terbentuknya akar lebih banyak pada ketiga varietas, tetapi pada suhu 35 °C mulai terjadi penurunan jumlah akar. Suhu tinggi diduga mengganggu proses metabolisme sel, misalnya inaktivasi enzim, denaturasi protein, sintesis RNA sehingga menghambat pertumbuhan sel dan jaringan pada tanaman. Cekaman suhu tinggi sangat berkaitan dengan kekeringan yang disebabkan berkurangnya jumlah air yang bisa diserap oleh akar. efek kerusakan sel akibat suhu tinggi dapat dikurangi dengan memperhatikan kecukupan air untuk pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu pembentukan akar lebih banyak merupakan suatu mekanisme untuk mencari air dengan jangkauan yang lebih luas sehingga kebutuhan air tetap tercukupi.

Pertumbuhan akar sangat berkaitan erat dengan kemampuan penyerapan air bagi pertumbuhan dan perkembangan kecambah. Tanaman yang mampu membentuk akar lebih panjang dengan jumlah yang lebih banyak diduga memiliki mekanisme toleransi untuk tetap menjaga ketersediaan dan penyerapan air untuk menjaga turgiditas sel sehingga dapat mempertahankan pertumbuhannya. Dalam menghadapi cekaman kekeringan

yang dimulai dari fase perkecambahan sampai pertumbuhan vegetatif, tanaman akan membentuk perakaran yang lebih panjang dan percabangan akar yang banyak. Kecambah yang memiliki akar yang lebih panjang akan mempunyai vigor yang lebih tinggi pada kondisi cekaman kekeringan (Guilioni *et al.* 2003). Varietas yang memiliki tingkat toleransi yang lebih tinggi terhadap kekeringan memiliki rata-rata panjang akar lebih panjang dibandingkan varietas yang relatif tidak toleran (Zhang *et al.* 2005). Karim *et al.* (1997) menyatakan penyerap air sangat penting bagi keseimbangan air untuk pertumbuhan tanaman. Penyerapan air yang jauh ke dalam tanah merupakan salah satu kemampuan tanaman yang paling aktif dalam mempertahankan diri dari kekeringan. Varietas yang mempunyai akar lebih dalam akan menyerap air tanah lebih banyak dibandingkan dengan varietas yang mempunyai perakaran dangkal. Kecambah yang toleran kekeringan akan memiliki akar yang panjang dan memiliki berat kering akar lebih besar dari kecambah yang tidak toleran.

Suhu tinggi berpengaruh terhadap karakter morfologi dan fisiologi sistem perakaran. Selain berfungsi dalam proses penyerapan air, akar juga merupakan bagian penting

dalam penyimpanan hasil fotosintesis pada tanaman gandum. Transfer dan mobilisasi fotosintat akan terjadi mulai saat antesis. Fotosintat dari akar akan melengkapi transfer fotosintat utama dari daun dan batang ke dalam biji. Berkurangnya transfer hasil fotosintesis dari tunas dan akar akan menyebabkan rendahnya proses pengisian biji yang berdampak menurunnya potensi hasil baik jumlah maupun kualitasnya (Zhang *et al.* 2005).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suhu tinggi tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah daun pada tiga varietas gandum. Jumlah daun yang terbentuk berkisar 1.77-2.09 helai. Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa pada suhu tinggi (30 dan 35 °C) hanya varietas Nias yang mampu membentuk lebih banyak daun yaitu berturut-turut sekitar 1.95 dan 2.00 helai daun. Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh suhu dan varietas secara tunggal memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang tunas tiga varietas gandum, tetapi interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata. Cekaman suhu tinggi cenderung menurunkan tinggi tunas kecambah gandum pada semua varietas yang diujikan. Rata-rata panjang tunas pada suhu 25 °C sekitar 13.39 cm, pada suhu

30 °C sekitar 12.37cm, dan pada suhu 35 °C sekitar 8.65 cm. Varietas Nias memperlihatkan pertumbuhan tunas yang lebih panjang pada semua suhu yang diujikan, berturut-turut sekitar 14.59 cm, 14.35 cm dan 9.21 cm. Varietas Dewata menunjukkan penurunan panjang tunas yang nyata ketika meningkatnya suhu hingga 35 °C dengan panjang tunas sekitar 7.79 cm begitu juga dengan varietas Selayar dengan panjang tunas sekitar 8.96 cm (Tabel 2).

Menurut Zhang *et al.* (2005) tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pertumbuhan maupun parameter yang digunakan untuk mengukur pertumbuhan oleh pengaruh lingkungan, karena pertumbuhan merupakan parameter yang paling mudah dilihat dan pengukuran dapat dilakukan tanpa merusak tanaman sampel. Hal itu dikarenakan proses pertambahan tinggi tanaman yang diawali dengan proses pembentukan tunas merupakan proses pembelahan dan pembesaran sel yang sangat dipengaruhi oleh turgor sel. Proses pembelahan dan pembesaran sel akan terjadi apabila sel mengalami turgiditas yang unsur utamanya adalah ketersediaan air. Tanaman yang tercekam secara umum mempunyai ukuran daun yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman

yang tumbuh normal. Kekurangan air mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman secara langsung. Berkurangnya pasokan air menyebabkan turgiditas sel-sel tanaman menurun bahkan hilang.

Hilangnya turgiditas akan menghambat pertumbuhan sel (pembelahan dan pembesaran) dan salah satu akibat adalah terhambatnya pertumbuhan luas daun.

Tabel 2 Pengaruh suhu dan varietas terhadap jumlah daun dan panjang tunas tiga varietas gandum

Varietas	Suhu (°C)			Rata-rata
	25	30	35	
	Jumlah daun (helai)			
Dewata	1.96	1.79	1.77	1.84
Nias	2.00	1.95	2.00	1.98
Selayar	2.09	1.92	1.88	1.96
Rata-rata	2.02	1.89	1.88	
	Panjang tunas (cm)			
Dewata	12.74	11.44	7.79	10.66 ^b
Nias	14.59	14.35	9.21	12.72 ^a
Selayar	12.84	11.32	8.96	11.04 ^b
Rata-rata	13.39 ^A	12.37 ^A	8.65 ^B	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama dan huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$.

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan suhu tinggi dan jenis varietas secara tunggal memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot basah tunas. Rata-rata bobot basah tunas pada suhu 25 °C sebesar 94.60 mg, pada suhu 30 °C sebesar 77.19 mg, sedangkan pada suhu 35 °C sebesar 41.79 mg. Selayar memiliki bobot basah tunas yang lebih besar saat terjadi peningkatan suhu dibandingkan dengan varietas lainnya (Tabel 3). Peningkatan suhu dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan pemanjangan tunas, hal ini diduga dipengaruhi oleh beberapa hal seperti: terhambatnya proses respirasi sel yang disebabkan menurunnya kerja

enzim sehingga proses perombakan cadangan makanan untuk pertumbuhan embrio, terganggunya pembelahan sel dan perkecambahan, permasalahan dalam proses penyerapan air, proses transpirasi yang berlebihan akibat suhu tinggi pada stomata yang menyebabkan kemampuan sel untuk menahan air berkurang.

Pengaruh suhu dan jenis varietas serta interaksi antara keduanya memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot basah akar. Rata-rata bobot basah akar berkisar 8.57 mg pada suhu 35 °C hingga 49.42 mg pada suhu 25 °C. Peningkatan suhu menurunkan bobot segar akar mencapai 16.34 mg

(Tabel 3). Varietas Selayar menunjukkan bobot akar yang tinggi hampir pada semua perlakuan suhu dibandingkan kedua varietas lainnya. Hal ini mengindikasikan tidak terjadi terlalu banyak kerusakan dan penghambatan pertumbuhan sel-sel akar pada varietas Selayar. Akar merupakan organ yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, fungsi utama akar adalah sebagai organ penyerap air dan mineral yang dibutuhkan untuk metabolisme dan pertumbuhan sel. Salah satu mekanisme toleransi terhadap cekaman suhu tinggi pada tanaman

dapat dilihat dari pertumbuhan akarnya. Tanaman toleran akan memiliki kemampuan untuk memicu pertumbuhan akar yang akan berperan dalam mencari sumber air yang jauh di dalam tanah. Oleh karena itu mekanisme memperpanjang dan menambah jumlah akar untuk menambah jangkauan luar areal penyerapan air yang diperlukan untuk menjamin ketersediaan air bagi tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Siddiqui *et al.* (2008) menunjukkan bahwa meningkatnya suhu hingga 60 °C menurunkan bobot kecambah gandum secara nyata.

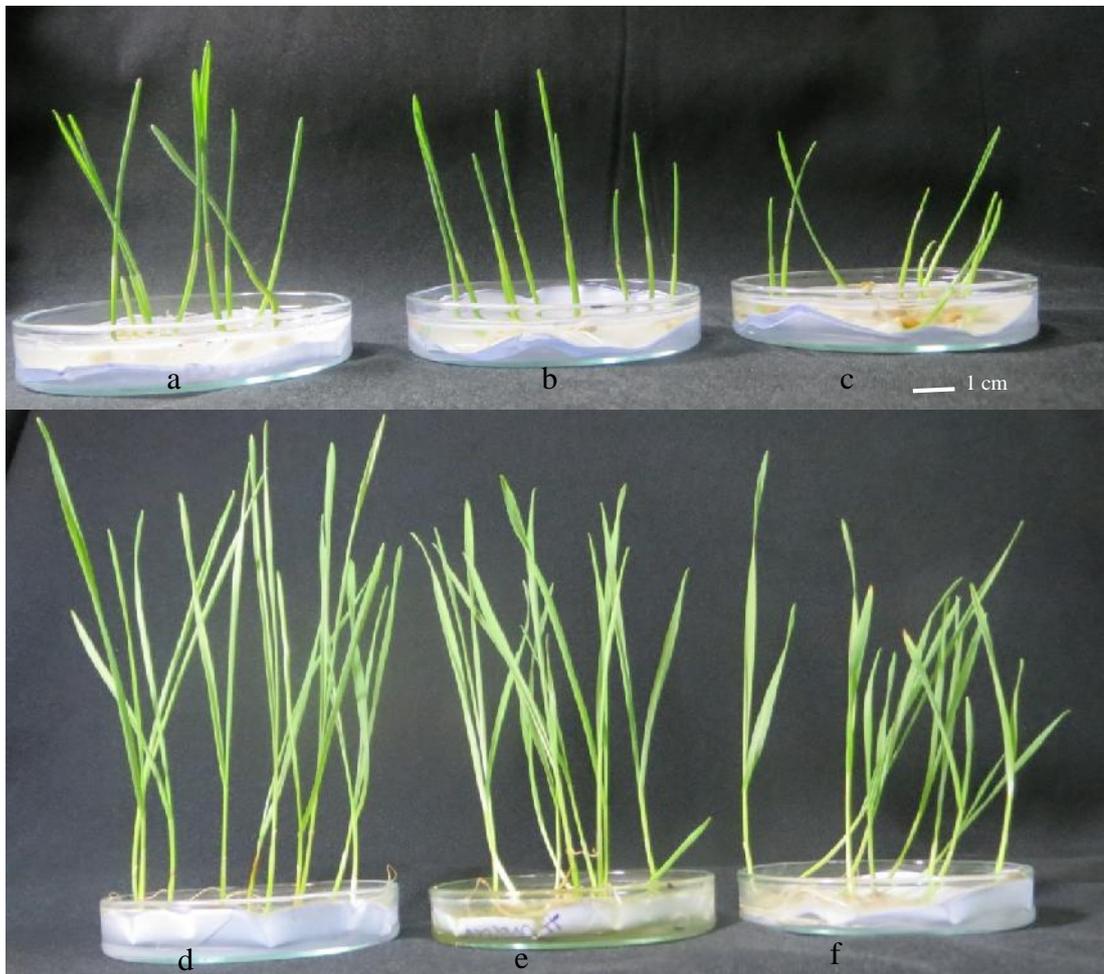
Tabel 3 Pengaruh suhu dan varietas terhadap bobot basah, bobot kering tunas dan akar tiga varietas gandum

Varietas	Suhu (°C)			Rata-rata
	25	30	35	
	Bobot basah tunas (mg)			
Dewata	84.08	63.90	28.48	58.82 ^c
Nias	91.08	77.78	47.01	71.96 ^b
Selayar	108.63	89.90	49.89	82.81 ^a
Rata-rata	94.60 ^A	77.19 ^B	41.79 ^C	
	Bobot basah akar (mg)			
Dewata	49.42 ^{aA}	16.50 ^{bb}	8.57 ^{cb}	24.83 ^b
Nias	37.97 ^{ba}	15.80 ^{bb}	15.83 ^{bb}	23.20 ^b
Selayar	45.28 ^{aA}	32.42 ^{ab}	24.61 ^{ab}	34.10 ^a
Rata-rata	44.22 ^A	21.57 ^B	16.34 ^B	
	Bobot kering tunas (mg)			
Dewata	12.24	9.07	11.44	10.92
Nias	15.16	11.79	7.82	11.59
Selayar	14.61	13.59	11.92	13.37
Rata-rata	14.00	11.48	10.39	
	Bobot kering akar (mg)			
Dewata	5.15	6.00	5.49	5.55
Nias	7.29	5.19	4.87	5.78
Selayar	5.97	5.03	4.76	5.25
Rata-rata	6.14	5.41	5.04	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama dan huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$.

Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh suhu dan varietas secara tunggal maupun interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering tunas dan akar. Bobot kering tunas dan akar dari ketiga varietas terlihat mengalami penurunan akibat peningkatan suhu walaupun tidak signifikan. Bobot kering tunas pada suhu 25 °C sebesar 14.00 mg, pada suhu 30 °C sebesar 11.48 mg dan pada suhu 35

°C sebesar 10.39 mg. Varietas selayar menunjukkan bobot kering tunas tertinggi dibandingkan varietas lainnya. Bobot kering akar juga mengalami penurunan, pada suhu 25 °C sebesar 6.14 mg, pada suhu 30 °C sebesar 5.51 mg dan pada suhu 35 °C sebesar 5.04 mg. Varietas Nias menunjukkan bobot kering akar tertinggi dibandingkan varietas lainnya.



Gambar 1 Pertumbuhan kecambah gandum pada suhu tinggi. Umur 1 minggu a) Suhu 25 °C, b) 30 °C, c) 35 °C, umur 2 minggu d) Suhu 25 °C, e) 30 °C, f) 35 °C

Kesimpulan

Pengujian suhu tinggi pada fase kecambah dari tiga varietas gandum menunjukkan bahwa meningkatnya suhu hingga 35 °C sangat mempengaruhi semua peubah yang diamati meliputi persentase daya berkecambah, panjang akar, jumlah akar, jumlah daun, panjang tunas, bobot basah tunas dan akar serta bobot kering tunas dan akar. Varietas Selayar menunjukkan nilai yang lebih tinggi hampir pada semua peubah pengamatan dibandingkan kedua varietas lain saat meningkatnya suhu yang diberikan, hal ini diduga bahwa varietas Selayar saat fase kecambah menunjukkan respon ketahanan suhu tinggi yang lebih baik dibandingkan dengan varietas Dewata dan Nias.

Daftar Pustaka

- Abayomi YA, Wright D. 1999. Osmotic potential and temperature effects on germination of spring wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Trop Agri.* 76(2): 114-119.
- Guilioni L, Wery J, Lecoeur J. 2003. High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate. *Funct. Plant Biol.* 30:1151-1164.
- Karim MA, Fracheboud Y, Stamp P. 1997. Heat tolerance of maize with reference of some physiological characteristics. *Ann Bangladesh Agri.* 7:27-33.
- Prakash P, Sharmanatu P, Ghildiyal MC. 2004. Effect of different temperature on starch synthase activity in excised grains of wheat cultivars. *1095 Ind. J. Exp. Biol.* 42:227-230.
- Siddiqui SU, Ali A, Chaudhary MF. 2008. Germination behavior of wheat (*Triticum aestivum*) varieties to artificial ageing under varying temperature and humidity. *Pak. J. Bot.* 40(3): 1121-1127.
- Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. *Environ Exp Bot.* 61:199-223.
- Yin X, Guo W, Spiertz JH. 2009. A quantitative approach to characterize sink source relationships during grain filling in contrasting wheat genotypes. *Field Crops Res.* 114:119-126.
- Zhang JH, Huang WD, Liu YP, Pan QH. 2005. Effects of temperature acclimation pretreatment on the ultrastructure of mesophyll cells in young grape plants (*Vitis vinifera* L. cv. Jingxiu) under cross-temperature stresses. *J. Integr. Plant Biol.* 47:959-970.