

Perubahan Morfologi dan Toleransi Tanaman Kentang Terhadap Suhu Tinggi (*Morphological Changes and Tolerance of Potato Plants To Heat Stress*)

Handayani, T¹⁾, Basunanda, P²⁾, Murti, RH²⁾, dan Sofiri, E¹⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung Barat 40791

²⁾ Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta

E-mail: trihandayani3@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 30 Agustus 2013 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 31 Oktober 2013

ABSTRAK. Cekaman suhu tinggi terjadi apabila suhu lingkungan melebihi suhu optimum yang diperlukan tanaman. Tanaman kentang mengalami berbagai perubahan morfologi tanaman dan umbi, serta penurunan produksi umbi, sebagai respons terhadap suhu tinggi. Penelitian bertujuan untuk mempelajari perubahan morfologi tanaman dan umbi kentang serta toleransi klon-klon kentang terhadap suhu tinggi, dilaksanakan pada Bulan Juli sampai Oktober 2012 di Lembang, 1.250 m dpl. (suhu rerata 20,4°C) dan Subang, 100 m dpl. (suhu rerata 30°C). Dua puluh klon kentang ditanam dalam rancangan acak kelompok lengkap, tiga kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu tinggi menyebabkan tipe tumbuh tanaman lebih tegak, batang memanjang, ukuran daun mengecil, serta permukaan umbi tidak teratur. Toleransi terhadap cekaman suhu tinggi dapat dilihat dari perbedaan produksi umbi pada kondisi lingkungan normal dengan lingkungan tercekam suhu tinggi. Klon Atlantik M, CIP 395195.7, N.1, dan Ping 06 bersifat toleran terhadap cekaman suhu tinggi berdasarkan kecilnya perubahan produksi akibat suhu tinggi. Produksi umbi per tanaman keempat klon tersebut di Subang berturut-turut 188,28; 137,03; 122,58; dan 121,49 g. Klon-klon tersebut dapat dijadikan sebagai materi dalam perbaikan varietas toleran suhu tinggi maupun dalam perbaikan teknologi budidaya kentang di dataran medium.

Katakunci: Kentang (*Solanum tuberosum* L.); Suhu tinggi; Morfologi; Produksi; Toleransi

ABSTRACT. Temperatures exceed the optimum temperature required plants, causing plants facing heat stress. In response to heat stress, plants undergo morphological changes in plants and tubers, as well decreased production of tubers. Research to study changes in plant and potato tubers morphology, and tolerance of potato clones to heat stress by changes tuber production at heat stress condition, was carried out on July until October 2012 in Lembang, 1,250 m asl. (20.4°C) and Subang, 100 m asl. (30°C). Twenty potato clones grown in a complete randomized block design, three replications. The results showed that high temperatures cause the types of plants to grow more erect, stem elongated, leaf size decreased, and the tuber surface is irregular. Tolerance to heat stress can be determined from the differences of tuber production in normal condition with heat stress condition. Atlantic of Clones M, CIP 395195.7, N.1, and Ping 06 are tolerant to heat stress by small changes in production due to high temperatures. Production of tubers per plant all four clones in Subang, were 188.28, 137.03, 122.58, and 121.49 g respectively. Those clones can be used as material in the improvement of heat tolerant varieties and the improvement of potato cultivation technology in low medium land.

Keywords: Potato (*Solanum tuberosum* L.); Heat stress; Morphology; Production; Tolerance

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) berasal dari pegunungan Andes di Bolivia dan Peru, yang mempunyai karakteristik hari pendek, suhu rendah, dan kelembaban tinggi (Acquaah 2007). Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman kentang ialah 17–20°C (Burton 1989). Tanaman kentang yang menerima suhu melebihi suhu optimum tersebut dapat dikatakan mengalami cekaman suhu tinggi (Kotak *et al.* 2007). Tanaman mengalami berbagai perubahan morfologi tanaman dan umbi, serta penurunan produksi umbi, sebagai respons terhadap cekaman suhu tinggi tersebut (Wahid *et al.* 2007).

Untuk menghadapi kenaikan suhu di daerah produksi kentang akibat perubahan iklim, diperlukan adaptasi dalam sistem budidaya, salah satunya ialah dengan menanam kultivar toleran terhadap cekaman suhu tinggi (Hijman 2003). Sampai saat ini, di

Indonesia belum ada varietas kentang yang dilepas dengan sifat toleran suhu tinggi. Rosielle & Hamblin (1981) mendefinisikan toleransi terhadap cekaman sebagai perbedaan produksi antara lingkungan normal dan lingkungan tercekam. Dengan demikian, seleksi terhadap toleransi cekaman suhu tinggi dapat dilakukan dengan mengukur perubahan produktivitas umbi pada lingkungan suhu tinggi dan normal. Fischer & Maurer (1978) menggunakan indeks kepekaan terhadap cekaman (*stress susceptibility index/SSI*), sedangkan Fernandez (1992) lebih menyarankan penggunaan indeks toleransi terhadap cekaman (*stress tolerance index/STI*) untuk menentukan genotip-genotip yang mampu beradaptasi dan berproduksi dengan baik di lingkungan normal dan tercekam.

Penelitian bertujuan untuk mempelajari perubahan morfologi tanaman dan umbi kentang akibat suhu

tinggi serta toleransi klon-klon kentang terhadap cekaman suhu tinggi berdasarkan perubahan produksi umbi. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini ialah terjadinya perubahan morfologi tanaman dan umbi kentang akibat suhu tinggi dan terdapat beberapa klon kentang yang toleran terhadap suhu tinggi. Informasi yang diperoleh diharapkan dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan tanaman kentang toleran suhu tinggi.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di dua Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa), yaitu KP Margahayu, Lembang (1.250 m dpl.) yang merupakan lokasi dengan kondisi suhu normal dan KP Wera, Subang (100 m dpl.) yang dianggap sebagai lokasi dengan kondisi cekaman suhu tinggi. Penelitian dilaksanakan dari Bulan Juli sampai Oktober 2012.

Bahan Penelitian

Bahan penelitian berupa tanaman berasal dari stek 20 klon kentang ditanam di polibag dengan media berupa campuran pupuk kandang dan arang sekam. Kedua puluh klon tersebut terdiri atas 13 kultivar (Amudra, Atlantik M, Cipanas, Erika, GM 05, GM 08, Granola L, Manohara, Margahayu, Merbabu 17, Ping 06, Repita, dan Tenggo), lima klon introduksi dari International Potato Center (CIP 390781.1, CIP 392663.8, CIP 394613.139, CIP 394614.117, dan CIP 395195.7), serta dua nomor koleksi Laboratorium Kultur Jaringan Balitsa (N.1 dan P1.2).

Rancangan dan Prosedur Penelitian

Masing-masing klon ditanam 10 polibag (tanaman) per ulangan di dua lokasi (Lembang dan Subang), kemudian polibag disusun di lapangan dalam rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) dengan tiga ulangan.

Perawatan yang dilakukan meliputi penyiraman, pemupukan (NPK 16:16:16, dosis 10 g/tanaman, setiap 4 minggu dengan cara dilarutkan dan disiramkan ke media tanam), pengendalian hama penyakit, penyiangan, penambahan media tanam, dan pemberian ajir.

Pengamatan dilakukan terhadap:

1. Tipe tumbuh, intensitas antosianin batang, dan intensitas warna hijau daun, diamati pada populasi tanaman saat berbunga 50%, berdasarkan PPI Kentang (PPVT 2006).

2. Variabel pertumbuhan: tinggi tanaman (diukur dari permukaan tanah sampai titik tumbuh ujung pada batang utama), ukuran daun (panjang dan diameter, diukur pada daun yang terletak di tengah batang), dan luas total daun (diukur dengan *leaf area meter*), serta persentase bahan kering tanaman bagian bawah (akar + umbi), dan tanaman bagian atas (batang+daun).
3. Variabel produksi, yaitu jumlah umbi per tanaman, berat umbi per tanaman, dan berat umbi rerata (berat umbi per tanaman/jumlah umbi per tanaman).
4. Morfologi umbi (bentuk umbi, warna kulit umbi, dan warna daging umbi), diamati pada umbi hasil panen.

Pengamatan Atribut Toleransi Cekaman

Toleransi genotip terhadap suhu tinggi didekati dengan atribut berikut:

1. Indeks kepekaan terhadap cekaman (SSI = *stress susceptibility index*) (Fischer & Maurer 1978)

$$SSI = \frac{1 - (\bar{Y}_s)}{\bar{Y}_p} \cdot SI$$

dengan SI (*stress intensity*) = $1 - (\bar{Y}_s/\bar{Y}_p)$

Nilai SSI tinggi menunjukkan tingkat kepekaan tinggi dan sebaliknya.

2. Indeks toleransi terhadap cekaman (STI = *stress tolerance index*) (Fernandez 1992)

$$STI = \left(\frac{\bar{Y}_p}{\bar{Y}_s}\right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right) = \frac{(\bar{Y}_p)(\bar{Y}_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

Nilai STI tinggi menunjukkan tingkat toleransi tinggi dan sebaliknya.

dimana :

- \bar{Y}_p = Hasil genotip pada lingkungan normal,
 \bar{Y}_s = Hasil genotip pada lingkungan tercekam,
 \bar{Y}_p = Rerata hasil pada lingkungan normal,
 \bar{Y}_s = Rerata hasil pada lingkungan tercekam.

Data Pendukung

Sebagai data pendukung, dilakukan pengukuran suhu media tanam, suhu udara, dan kelembaban udara di lokasi penelitian (Lembang dan Subang).

Metode Analisis

Data hasil pengukuran dan penghitungan dianalisis varian dilanjutkan dengan uji beda rerata dengan uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pelaksanaan penelitian, dilakukan pengukuran suhu media tanam, suhu udara, dan kelembaban udara (Tabel 1). Perbedaan rerata suhu media di Lembang dan Subang mencapai 8°C, sedangkan perbedaan suhu udara antara Lembang dan Subang mencapai 9,6°C.

Hasil analisis varian menunjukkan perlakuan klon berpengaruh nyata dan sangat nyata terhadap variabel-variabel pertumbuhan dan hasil, kecuali pada persentase bahan kering tanaman bagian atas (Lembang) (Tabel 2).

menyebabkan perubahan intensitas antosianin batang dan warna hijau daun tersebut. Seperti yang disebutkan pada beberapa penelitian terdahulu bahwa kenaikan suhu menyebabkan penurunan intensitas antosianin pada kubis (Rabino & Mancinelli 1986), selada (Gazula *et al.* 2005), dan ubi jalar (Islam *et al.* 2005), serta kandungan klorofil-b pada selada (Gazula *et al.* 2005).

Pada pengujian di lingkungan dengan suhu tinggi (Subang) terlihat bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman kentang didominasi organ-organ yang terdapat di atas permukaan tanah, yang

Tabel 1. Suhu media tanam, suhu udara, dan kelembaban udara selama pengujian lapangan, Juli – Oktober 2012 (Media temperature, air temperature, and air humidity during field trial, July – October 2012)

	Suhu media tanam (Growing media temperature), °C		Suhu udara (Air temperature), °C		Kelembaban udara (Air humidity), %	
	Lembang	Subang	Lembang	Subang	Lembang	Subang
Maksimum (Maximum)	31,7	41,3	27,0	38,0	92,0	98,0
Minimum (Minimum)	11,5	21,5	10,0	24,0	80,0	32,0
Rerata (Average)	21,5	29,5	20,4	30,0	86,5	52,2

Tabel 2. Rekapitulasi analisis ragam (Variance analysis recapitulation)

Karakter (Characters)	Lembang		Subang	
	Klon (Clones)	KK(CV) %	Klon (Clones)	KK(CV) %
Panjang daun (Leaf length)	**	5,31	**	10,13
Lebar daun (Leaf width)	**	10,95	**	16,61
Luas total daun (Total leaf area)	**	10,34	**	6,60
Tinggi tanaman (Plant height)	**	6,30	**	4,16
Persentase bahan kering tanaman: daun dan batang (Percentage of plant dry matter: leaves and stem)	tn (ns)	15,14	**	13,17
Persentase bahan kering tanaman: akar dan umbi (Percentage of plant dry matter: roots and tubers)	*	14,85	**	12,60
Jumlah umbi per tanaman (Tuber number per plant)	**	17,38	**	22,08
Berat umbi per tanaman (Tuber weight per plant)	**	18,90	**	26,87
Berat rerata umbi (Average tuber weight)	**	27,29	**	22,11

KK (CV)= koefisien keragaman (coefficient of variation), **= berbeda nyata pada taraf P 0,01 (significantly different at P 0.01), *= berbeda nyata pada taraf P 0,05 (significantly different at P 0.05), tn (ns)= tidak berbeda nyata (non significant)

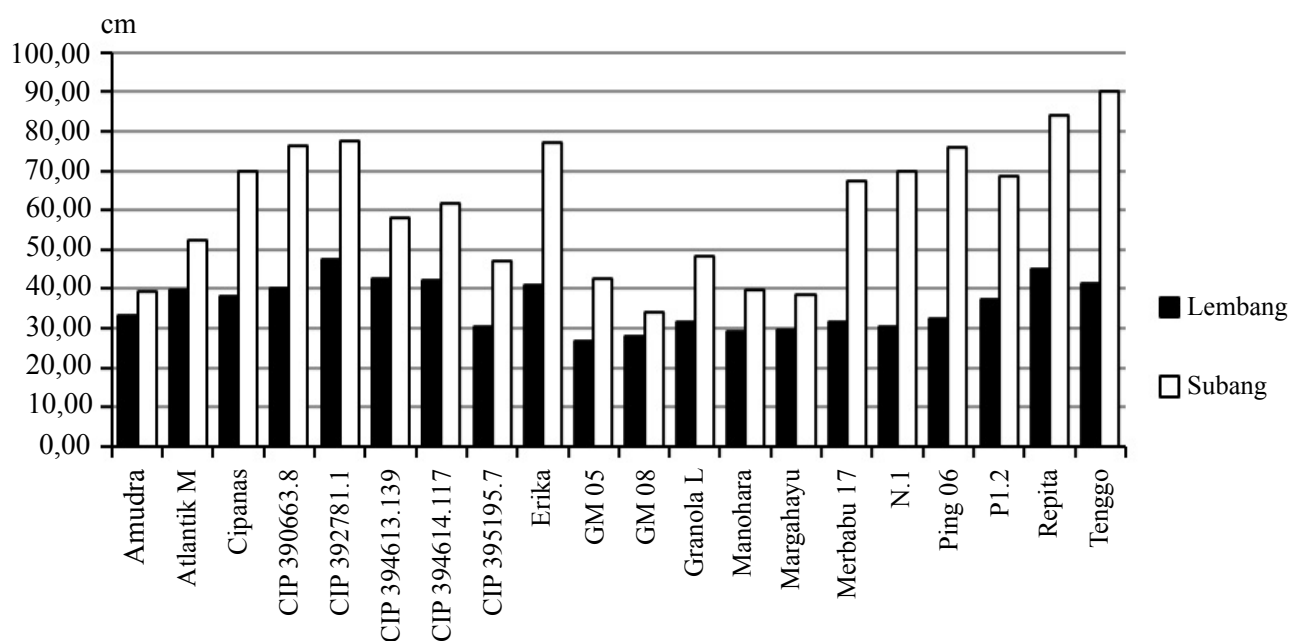
Dari 20 klon yang ditanam di Lembang, semuanya memiliki pertumbuhan dengan tipe agak tegak, kecuali Merbabu 17 yang memiliki tipe menyebar. Sementara di Subang, sembilan klon di antaranya memperlihatkan tipe tumbuh yang berbeda dari yang ditanam di Lembang (Tabel 3). Intensitas antosianin pada batang di Subang terlihat lebih lemah daripada di Lembang, demikian juga dengan daun sebagian klon di Subang memperlihatkan warna lebih terang daripada di Lembang. Suhu tinggi di Subang kemungkinan

ditunjukkan dengan pemanjangan batang (Gambar 1), terbentuknya batang baru dari stolon yang muncul ke permukaan media tanam, banyaknya jumlah daun, terbentuknya percabangan, dan munculnya bunga. Ini mendukung hasil penelitian Ewing (1981) dan Demagante & van der Zaag (1988) bahwa suhu tinggi menghambat pembentukan umbi, memicu terbentuknya bunga dan cabang sekunder, meningkatkan jumlah cabang dan jumlah nodus batang, serta menyebabkan tanaman lebih tinggi.

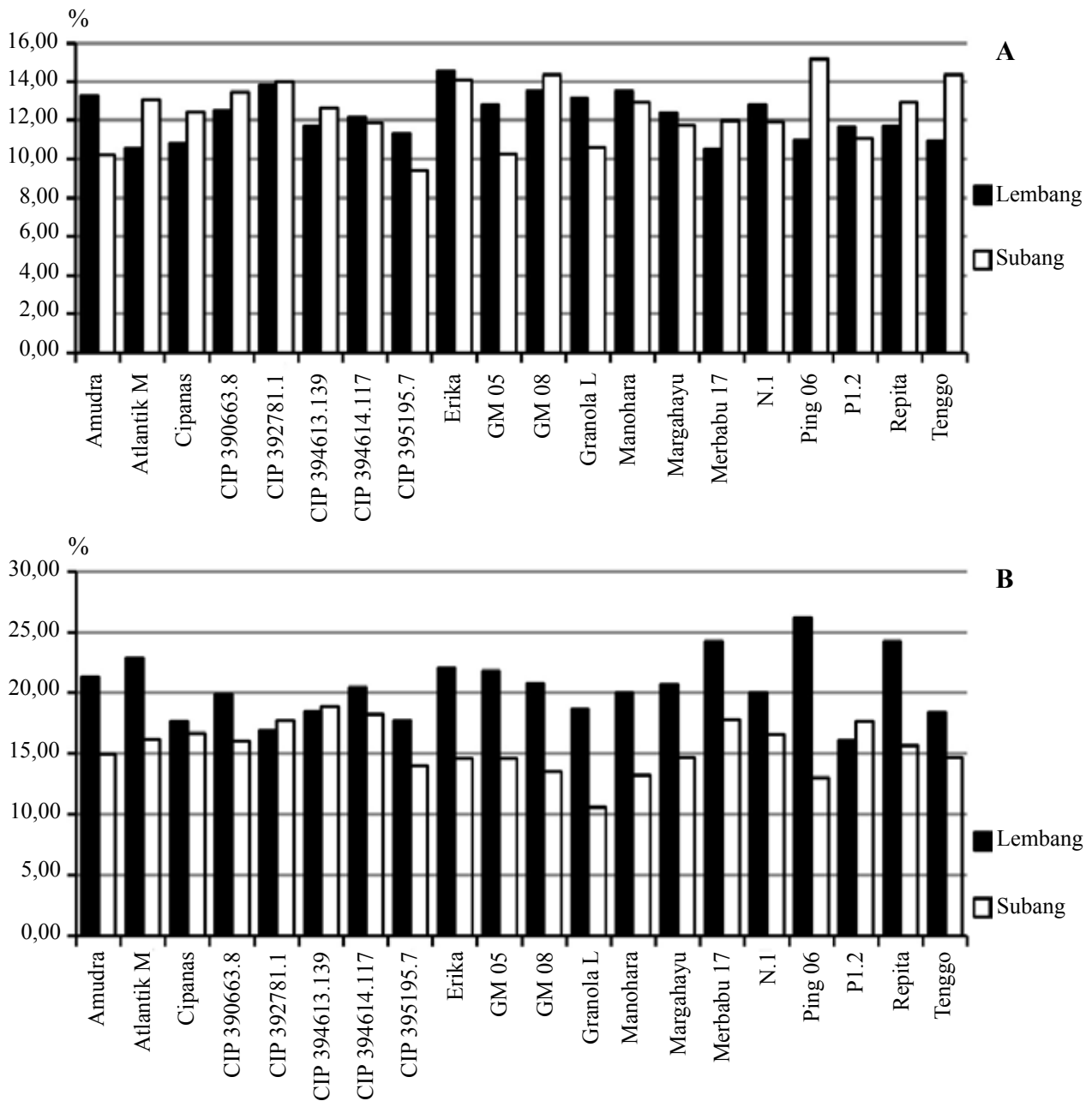
Tabel 3. Perbandingan karakter tanaman 20 klon kentang yang ditanam di Lembang dan Subang (*Plant characters of 20 potato clones at Lembang compared to Subang*)

Klon (<i>Clones</i>)	Tipe tumbuh (<i>Growing habit</i>)		Intensitas antosianin batang (<i>Stem anthocyanin intensity</i>)		Intensitas hijau daun (<i>Green leaf intensity</i>)	
	Lembang	Subang	Lembang	Subang	Lembang	Subang
Amudra	5	3	3	3	5	5
Atlantik M	5	5	1	1	5	5
Cipanas	5	5	1	1	5	5
CIP 390663.8	5	5	1	1	5	3
CIP 392781.1	5	3	3	3	5	3
CIP 394613.139	5	3	3	3	7	3
CIP 394614.117	5	5	5	5	7	5
CIP 395195.7	5	5	7	7	5	5
Erika	5	3	3	3	3	3
GM 05	5	3	5	3	5	5
GM 08	5	3	3	1	5	5
Granola L	5	3	3	1	7	5
Manohara	5	3	5	1	5	3
Margahayu	5	3	1	1	5	3
Merbabu 17	7	5	3	1	5	3
N.1	5	5	3	1	7	3
Ping 06	5	5	3	1	5	5
P1.2	5	3	3	3	5	5
Repita	5	5	1	1	3	3
Tenggo	5	5	1	1	5	5

Tipe tumbuh (*growing habit*): 3= tegak (*erect*), 5= agak tegak (*rather erect*), 7= menyebar (*spread*), intensitas antosianin batang (*stem anthocyanin intensity*): 1= tidak ada (*absent*), 3= lemah (*weak*), 5= sedang (*medium*), 7= kuat (*strong*), intensitas hijau daun (*green leaf intensity*), 3= terang (*light*), 5= sedang (*medium*), 7= gelap (*dark*)



Gambar 1. Tinggi tanaman 20 klon kentang di Lembang dan Subang (*Plant height of 20 potato clones in Lembang and Subang*)

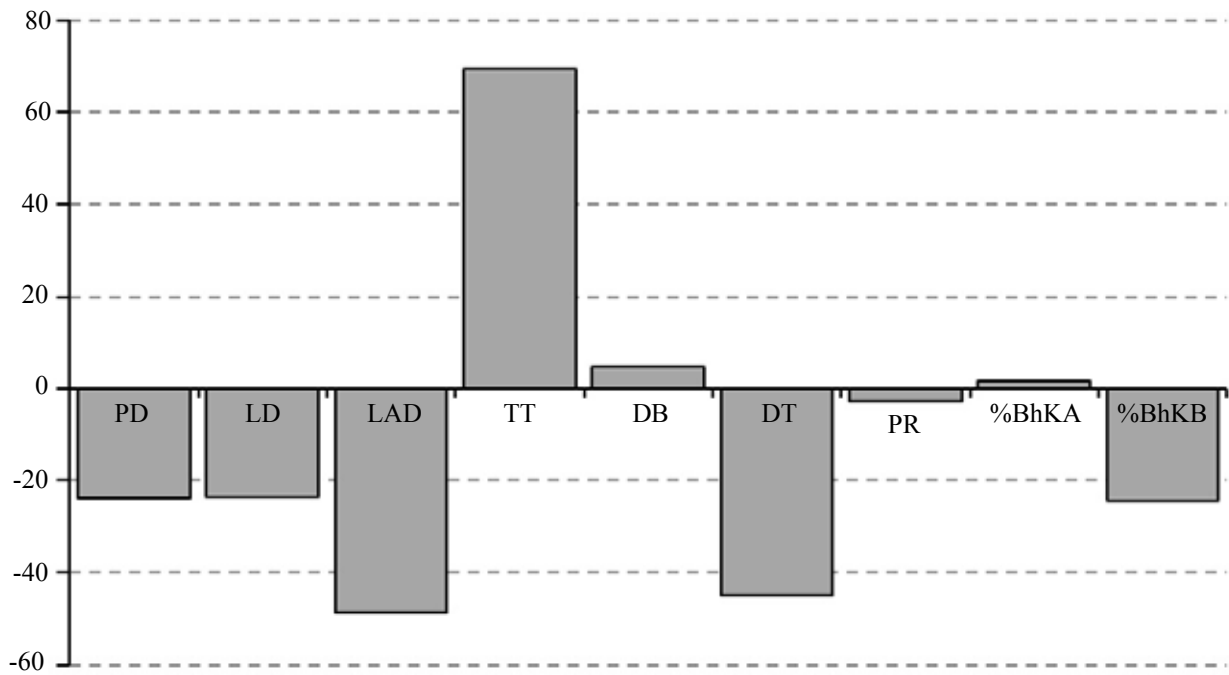


Gambar2. Persentase kandungan bahan kering tanaman: daun dan batang (A) dan akar dan umbi (B) (Percentage of plant dry matter: leaves and stem (A) and roots and tubers (B))

Dominasi pertumbuhan tanaman bagian atas pada kondisi suhu tinggi juga ditunjukkan oleh kenaikan persentase bahan kering tanaman bagian atas dan penurunan persentase bahan kering tanaman bagian bawah (Gambar 2). Separuh dari klon yang diuji menunjukkan kenaikan persentase bahan kering tanaman bagian atas pada kondisi suhu tinggi di Subang. Secara umum nampak bahwa kondisi lapangan Subang dengan suhu tinggi menyebabkan kenaikan (2,48 %) bahan kering tanaman bagian atas (Gambar 3). Sebaliknya, pada bahan kering tanaman bagian bawah terjadi penurunan (22,85 %). Hal tersebut disebabkan pada kondisi suhu tinggi, distribusi fotosintat ke bagian

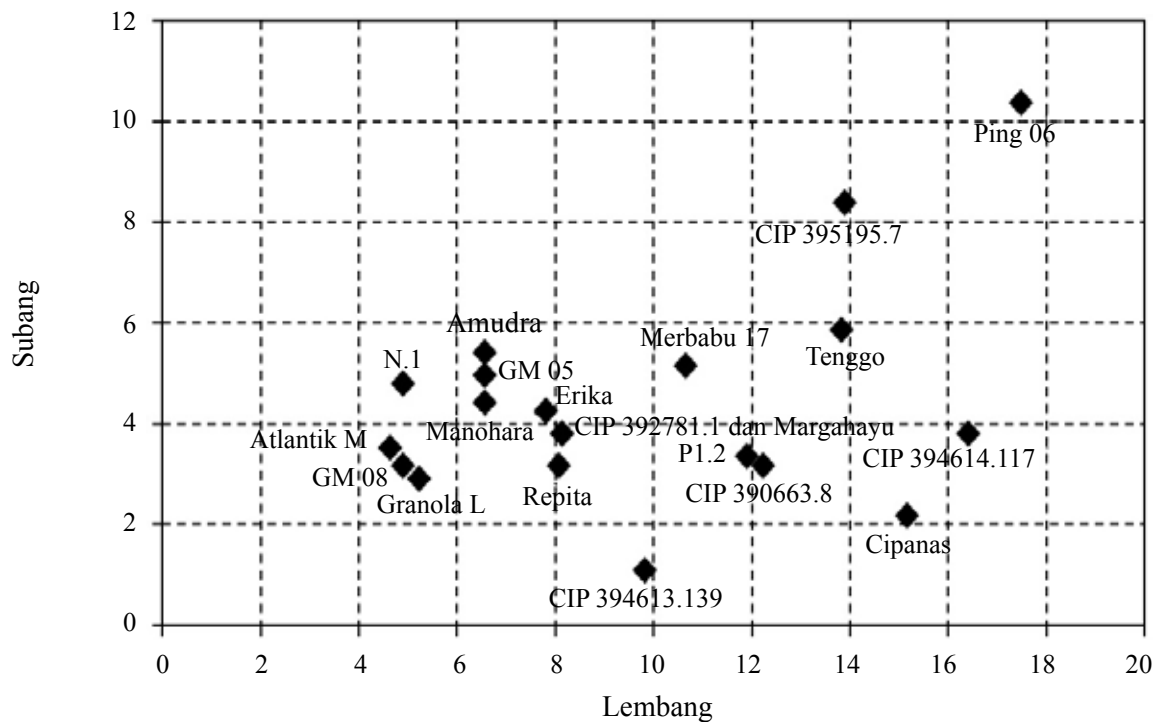
akar dan umbi menurun, dan sebaliknya meningkat ke bagian tajuk tanaman (Basu & Minhas 1991). Lafta & Lorenzen (1995) menyebutkan bahwa penurunan yang relatif kecil pada kandungan bahan kering terjadi pada genotip yang toleran terhadap suhu tinggi. Inilah yang menyebabkan pada tanaman kentang, suhu tinggi lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan umbi daripada pertumbuhan tajuk.

Perubahan morfologi tanaman yang terjadi di lapangan dengan suhu tinggi (Subang) antara lain tipe tumbuh tanaman menjadi lebih tegak (Tabel 3), ukuran daun menurun (Gambar 3), serta terjadi pemanjangan batang (Gambar 3). Perubahan-perubahan tersebut

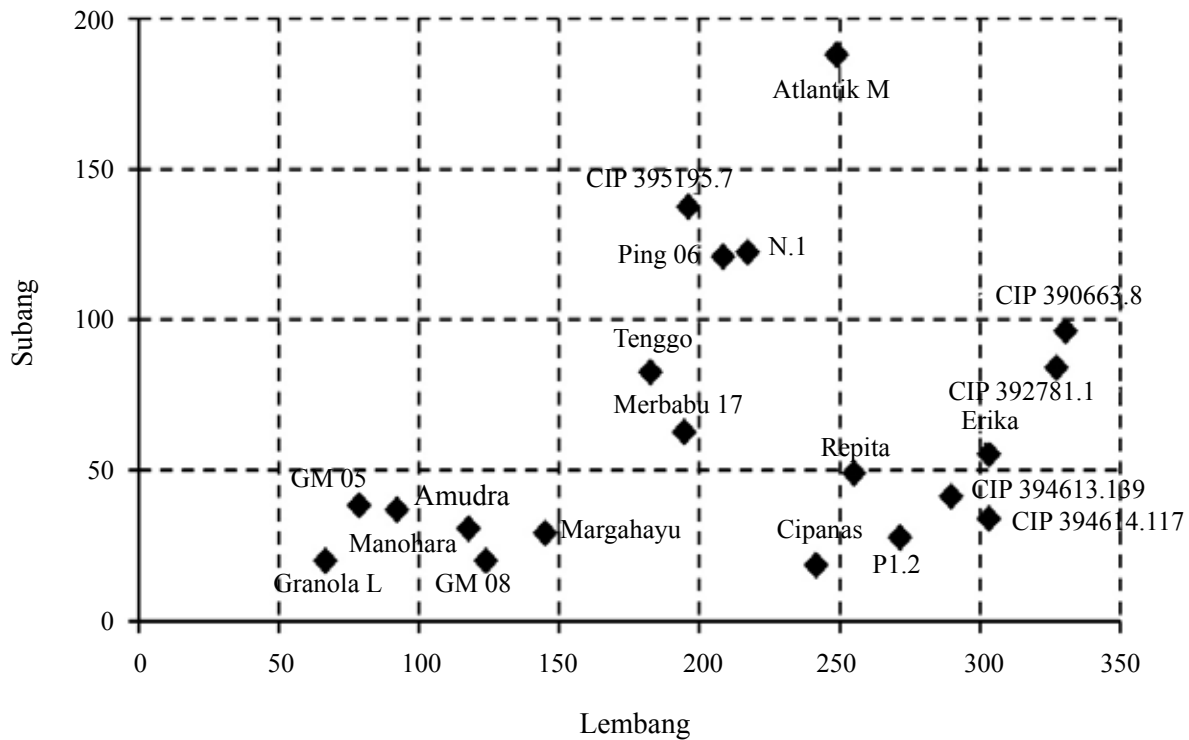


PD= panjang daun (*leaf length*), LD= lebar daun (*leaf width*), LAD= luas area daun (*total leaf area*), TT= tinggi tanaman (*plant height*), DB= diameter batang (*stem diameter*), DT= diameter tajuk (*canopy diameter*), PR= panjang ruas (*node length*), %BhKA= persentase bahan kering daun dan batang, %BhKB= persentase bahan kering akar dan umbi

Gambar 3. Perubahan yang terjadi pada pertumbuhan vegetatif akibat suhu tinggi (*Vegetative growth changes due to high temperature*)



Gambar 4. Diagram tebar untuk jumlah umbi per tanaman dari 20 klon kentang yang ditanam di Lembang dan Subang (*Scatter plot of tuber number 20 potato clones in Lembang and Subang*)



Gambar 5. Diagram tebar untuk berat umbi per tanaman (g) dari 20 klon kentang yang ditanam di Lembang dan Subang (Scatter plot of tuber weight 20 potato clones in Lembang and Subang)

sesuai dengan hasil penelitian Morpugo & Ortiz (1988) dan Levy & Veilleux (2007). Selain ukuran daun (panjang dan lebar daun) mengalami penurunan, luas total daun juga menjadi berkurang 47,4% pada kondisi suhu tinggi di Subang (Gambar 3). Penurunan luas total daun tanaman kentang akibat suhu tinggi dilaporkan oleh Fleisher *et al.* (2006), hal ini disebabkan karena daun yang terbentuk, meskipun lebih banyak, tetapi ukurannya kecil. Pengurangan ukuran daun merupakan salah satu mekanisme tanaman menghadapi suhu luar yang tinggi dengan cara menurunkan transpirasi dari daun.

Perubahan morfologi yang terjadi akibat suhu tinggi terjadi pada semua genotip yang diuji. Hampir tidak terdapat perbedaan tingkat perubahan antargenotip untuk masing-masing karakter morfologi yang diamati, sehingga perubahan morfologi tersebut tidak dapat dijadikan sebagai indikator sifat toleran terhadap suhu tinggi.

Faktor genotip sangat berpengaruh terhadap produksi umbi, baik pada kondisi suhu normal (Lembang) maupun suhu tinggi (Subang) (Tabel 2). Di Lembang, klon Ping 06, CIP 394614.117, dan Cipanas memiliki rerata jumlah umbi per tanaman yang tinggi dan berbeda nyata dengan klon-klon lainnya (berturut-turut ialah 17,47; 16,40; dan 15,13) (Gambar 4), sedangkan klon CIP 390663.8, CIP 392781.1, CIP 394614.117, Erika, CIP 394613.139, dan Ping 06

menghasilkan berat umbi per tanaman yang tinggi (Gambar 5). Ukuran umbi besar terdapat pada Atlantik M, Erika, dan P1.2 (Tabel 4). Adapun di lokasi Subang, jumlah umbi per tanaman terbanyak dihasilkan oleh klon Ping 06 (10,4) dan CIP 395195.7 (8,40) (Gambar 4). Klon Atlantik M, CIP 395195.7, Ping 06, dan N.1 memiliki berat umbi pertanaman yang tinggi (masing-masing 188,28; 137,03; 122,58; dan 121,49 g) dan berbeda nyata dengan klon-klon lainnya (Gambar 5). Sebagaimana di Lembang, klon Atlantik M di Subang juga memiliki ukuran umbi yang besar.

Pada 20 klon kentang yang ditanam di Subang, terjadi penurunan jumlah umbi per tanaman (Gambar 4). Klon CIP 395195.7 memperlihatkan jumlah umbi per tanaman yang konsisten cukup tinggi di Lembang dan Subang, sedangkan klon Atlantik M, GM 08, dan Granola L memiliki jumlah umbi per tanaman yang rendah di kedua kondisi suhu. Penurunan jumlah umbi per tanaman yang besar ditunjukkan oleh Cipanas dan CIP 394614.117.

Sebagaimana jumlah umbi per tanaman, 20 klon kentang yang diuji juga memperlihatkan penurunan dalam berat umbi per tanaman pada kondisi suhu tinggi (Gambar 5). Akan tetapi, berbeda dengan jumlah umbi per tanaman, Atlantik M menunjukkan berat umbi per tanaman tinggi dan relatif konsisten di Lembang maupun Subang. Hal ini terkait dengan karakter Atlantik M yang menghasilkan sedikit umbi tetapi

Tabel 4. Berat rerata umbi dan bentuk umbi 20 klon kentang yang ditanam di Lembang dan Subang (*Tuber weight and tuber shape of 20 clones of potato at Lembang and Subang*)

Klon (<i>Clones</i>)	Berat rerata umbi (<i>Tuber weight</i>), g			Bentuk umbi (<i>Tuber shape</i>)	
	Lembang	Subang	Perubahan (<i>Changes</i>), %	Lembang	Subang
Amudra	19,82 fg	7,19 dd	-63,72	oval	oval ⁺
Atlantik M	55,32 a	52,21 aa	-5,62	bulat	bulat
Cipanas	15,69 gh	10,60dd	-32,44	bulat	oval ⁺
CIP 390663.8	27,18 ef	41,08 ab	51,14	oval	oval ⁺
CIP 392781.1	40,31 bc	24,00 bc	-40,46	bulat-oval	oval ⁺
CIP 394613.139	31,26 de	14,45 cd	-53,77	bulat	bulat
CIP 394614.117	18,41 gh	10,73 cd	-41,72	bulat	bulat ⁺
CIP 395195.7	16,01 gh	17,05 cd	6,50	oval panjang	oval
Erika	44,24 ab	17,32 cd	-60,85	bulat	bulat ⁺
GM 05	13,73 i	10,89 cd	-20,68	oval	oval ⁺
GM 08	27,88 ef	8,96 d	-67,86	oval	oval ⁺
Granola L	11,4 i	8,37 d	-26,58	oval	oval ⁺
Manohara	14,39 hi	10,87 cd	-24,46	oval	oval ⁺
Margahayu	18,25 gh	7,96 d	-56,38	oval	oval ⁺
Merbabu 17	18,22 gh	16,11 cd	-11,58	oval	oval ⁺
N.1	48,38 ab	32,94 ab	-31,91	oval	oval
Ping 06	12,69 i	14,42 cd	13,63	bulat	bulat ⁺
P1.2	23,22 ef	10,59 d	-54,39	oval	oval ⁺
Repita	32,7 cd	16,41 cd	-49,82	bulat	oval ⁺
Tenggo	13,57 i	15,65 cd	15,33	bulat	bulat
KK (<i>CV</i>), %	27,29	22,11			

Rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasar uji Duncan pada taraf 5% (*Mean followed by same letter in same column are not significant at Duncan's test 5%*) ⁺ = permukaan umbi tidak teratur (*irregularly tuber surface*)

dengan ukuran besar (Tabel 4). Sejalan dengan jumlah umbi per tanaman, Granola L, GM 05, dan Manohara memperlihatkan berat umbi per tanaman rendah baik di Lembang maupun Subang.

Kondisi lingkungan di Lembang dengan suhu udara rerata 20,4°C sesuai untuk pertumbuhan dan produksi umbi 20 klon kentang yang diuji. Hal ini terlihat dari produksi umbi yang tinggi. Adapun suhu udara rerata di Subang yang mencapai 30°C terlihat sangat menekan produksi umbi. Suhu optimum untuk produksi umbi kentang berkisar antara 17 sampai 20°C. Suhu yang melebihi dari suhu optimum tersebut berpengaruh terhadap akumulasi bahan kering dan distribusinya ke umbi (Kraus & Marschner 1984, Menzel 1985, Lafta & Lorenzen 1995). Hal tersebut merupakan salah satu penyebab rendahnya produksi umbi kentang pada kondisi suhu tinggi. Selain itu, pada kondisi suhu tinggi, sintesis giberelin terjadi dengan cepat di pucuk dan daun muda, dan ini menyebabkan terhambatnya pembentukan umbi (Menzel 1980, Jackson 1999, Fernie & Wilmitzer 2001, Malkawi *et al.* 2007). Giberelin diketahui memicu pembelahan

sel dan pemanjangan sel di jaringan meristem sub-apikal, sehingga kandungan giberelin endogen yang tinggi akan terus memicu pemanjangan stolon dan tidak terjadi pembesaran sel subapikal stolon menjadi umbi. Bahkan pada kondisi suhu tanah tinggi, stolon yang terus memanjang tersebut akan mengarah naik dan muncul ke permukaan tanah sebagai tunas baru.

Perbedaan bentuk umbi pada kedua lokasi terjadi pada klon Cipanas, CIP 392781.1, CIP 395195.7, dan Repita. Tidak terdapat perbedaan warna kulit umbi pada klon-klon yang diuji di Lembang dengan di Subang. Untuk warna daging umbi, hanya klon CIP 392781.1 dan Manohara yang terdapat perbedaan antara Lembang dan Subang, yaitu kuning di Lembang dan krem di Subang. Meskipun bentuk umbi tidak terlalu mengalami perubahan, tetapi suhu tinggi menyebabkan permukaan umbi menjadi tidak rata, terdapat banyak tunas dan tunas muncul ke permukaan media tanam membentuk batang baru, terdapat pertumbuhan sekunder pada umbi (terbentuk umbi *knob* yang menempel di umbi utama dan muncul umbi berantai akibat tumbuhnya stolon pada umbi utama). Perubahan

Tabel 5. Indeks kepekaan terhadap cekaman/SSI dan indeks toleransi terhadap cekaman/STI berdasarkan jumlah umbi dan berat umbi (*Stress sensitivity index/SSI and stress tolerance index/STI based on tuber number and tuber weight*)

Klon (<i>Clones</i>)	Jumlah umbi (<i>Tuber number</i>)		Berat umbi (<i>Tuber weight</i>)	
	SSI	STI	SSI	STI
Amudra	0,33	0,38	1,08	0,08
Atlantik M	0,43	0,18	0,36	1,07
Cipanas	1,57	0,36	1,34	0,10
CIP 390663.8	1,36	0,41	1,03	0,72
CIP 392781.1	0,98	0,33	1,08	0,62
CIP 394613.139	1,62	0,12	1,24	0,28
CIP 394614.117	1,41	0,67	1,29	0,23
CIP 395195.7	0,72	1,26	0,43	0,61
Erika	0,83	0,36	1,19	0,38
GM 05	0,46	0,35	0,73	0,07
GM 08	0,65	0,16	1,21	0,06
Granola L	0,80	0,16	1,01	0,03
Manohara	0,61	0,31	0,87	0,08
Margahayu	0,98	0,33	1,15	0,10
Merbabu 17	0,95	0,59	0,98	0,28
N.1	0,03	0,25	0,63	0,61
Ping 06	0,74	1,96	0,60	0,58
P1.2	1,32	0,43	1,30	0,18
Repita	1,12	0,27	1,17	0,29
Tenggo	1,05	0,87	0,79	0,34

SSI: indeks kepekaan terhadap cekaman (*stress sensitivity index*), STI= indeks toleransi terhadap cekaman (*stress tolerance index*)

bentuk umbi yang terjadi di Subang kemungkinan lebih disebabkan faktor lingkungan, yang dalam hal ini ialah suhu lingkungan (udara dan media tanam) di Subang lebih tinggi daripada di Lembang. Menurut Ortiz & Huaman (1993) bentuk umbi merupakan karakter bawaan genotip, tetapi dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan praktek budidaya.

Berdasarkan kemampuan produksi umbi dan kecilnya perubahan produksi umbi (jumlah umbi per tanaman, berat umbi pertanaman, dan berat umbi rerata), klon Atlantik M, CIP 395195.7, N.1, dan Ping 06 dapat digolongkan toleran terhadap cekaman suhu tinggi. Keempat klon tersebut memiliki penurunan produksi dibawah 50%, bahkan CIP 395195.7 dan Ping 06 menghasilkan ukuran umbi lebih besar pada kondisi suhu tinggi di Subang. Sesuai dengan yang dikemukakan oleh Rosielle & Hamblin (1981) bahwa toleransi dapat dinilai dari perubahan produksi dari kondisi lingkungan normal dengan lingkungan tercekam. Dengan demikian, seleksi dapat dilakukan berdasarkan sifat toleran tersebut, apabila tujuan utama seleksi ialah meningkatkan produksi di lingkungan tercekam, meskipun menurut Rosielle & Hamblin

(1981) dapat menyebabkan penurunan produksi dan produktivitas rerata di lingkungan normal.

Indeks kepekaan terhadap cekaman (SSI) dan indeks toleransi terhadap cekaman (STI) banyak digunakan dalam menentukan genotip yang mampu beradaptasi dan berproduksi dengan baik pada lingkungan tercekam, termasuk cekaman suhu tinggi. Berdasarkan berat umbi per tanaman, klon Atlantik M, CIP 395195.7, N.1, dan Ping 06 memiliki nilai SSI yang rendah dan nilai STI yang tinggi dibanding klon-klon lainnya (Tabel 5). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa empat klon tersebut mampu beradaptasi dan berproduksi dengan baik pada kondisi lingkungan tercekam suhu tinggi maupun lingkungan normal. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa SSI kurang bermanfaat dalam program seleksi ketahanan terhadap cekaman karena hanya berhubungan dengan produksi pada kondisi tercekam tetapi kurang berhubungan dengan produksi pada kondisi normal (Sundari *et al.* 2005, Poreh 2006, Moosavi *et al.* 2008). Untuk itu, dalam penelitian ini dihitung juga nilai STI. Beberapa peneliti lebih menyarankan penggunaan STI sebagai indikator seleksi toleransi terhadap cekaman

daripada SSI karena memiliki hubungan yang kuat dengan produksi baik pada lingkungan normal maupun tercekam (Fernandez 1992, Sundari *et al.* 2005, Porch 2006).

Tahapan perkembangan tanaman kentang yang sangat dipengaruhi oleh suhu tinggi ialah pembentukan dan perkembangan umbi, berakibat pada menurunnya produksi umbi. Jumlah umbi per tanaman, berat umbi per tanaman, dan berat umbi rerata secara umum menurun pada kondisi lapangan dengan suhu tinggi. Apabila dilihat dari produksi umbi dan perubahan produksi umbi akibat suhu tinggi di lapangan, Atlantik M, CIP 395197.7, N.1, dan Ping 06 termasuk klon yang toleran terhadap suhu tinggi. Keempat klon tersebut memiliki produksi umbi per tanaman yang tinggi di lapangan pada kondisi suhu tinggi, dan relatif stabil pada lokasi dengan suhu normal dan suhu tinggi ini didukung dengan nilai indeks toleransi terhadap cekaman (STI) klon-klon tersebut yang relatif tinggi daripada klon-klon lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Suhu tinggi menyebabkan perubahan morfologi tanaman dan umbi kentang, yaitu tipe tumbuh lebih tegak, batang memanjang, ukuran daun mengecil, serta permukaan umbi tidak teratur.
2. Toleransi terhadap cekaman suhu tinggi dapat dilihat dari perbedaan produksi umbi pada kondisi lingkungan normal dengan lingkungan tercekam suhu tinggi. Berdasarkan kecilnya perubahan produksi akibat suhu tinggi, klon Atlantik M, CIP 395195.7, N.1, dan Ping 06 mempunyai sifat toleran terhadap cekaman suhu tinggi. Produksi umbi per tanaman keempat klon tersebut berturut-turut 188,28, 137,03, 122,58, dan 121,49 g.

PUSTAKA

1. Acquaah, G 2007, *Principles of plant genetics and breeding*, Blackwell Publishing, Malden-Oxford-Victoria.
2. Basu, PS & Minhas, JS 1991, 'Heat tolerance and assimilate transport in different potato genotypes', *J. Exp. Bot.*, vol. 42, no. 240, pp. 861-6.
3. Burton, WG 1989, *The potato*, ed. 3, Longman Scientific and Technical, UK.
4. Demagante, AL & van der Zaag, P 1988, 'The response of potato (*Solanum* spp.) to photoperiod and light intensity under high temperature', *Potato Res.*, vol. 31, pp. 73-83.
5. Ewing, EE 1981, 'Heat stress and the tuberization stimulus', *Am. Potato J.*, vol. 58, pp. 31-49.
6. Fernandez, GCJ 1992, 'Effective selection criteria for assessing stress tolerance', *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*, Publication, Tainan, Taiwan, pp. 257-70.
7. Fernie, AR & Willmitzer, L 2001, 'Molecular and biochemical triggers of potato tuber development', *Plant Physiol.*, vol. 127, pp. 1459-65.
8. Fischer, RA & Maurer, R 1978, 'Drought resistance in spring wheat cultivars, 1, Grain yield responses', *Aust. J. Agr. Res.*, vol. 29, pp. 897-917.
9. Fleisher, DH, Timlin, DJ & Reddy, VR 2006, 'Temperature influence on potato leaf and branch distribution and on canopy photosynthetic rate', *Agron. J.*, vol. 98, pp. 1442-52.
10. Gazula, A, Kleinhenz, MD, Streeter, JG & Miller, AR 2005, 'Temperature and cultivar effects on anthocyanin and chlorophyll b concentrations in three related Lollo Rosso lettuce cultivars', *HortSci.*, vol. 40, no. 6, pp. 1731-3.
11. Hijmans, RJ 2003, 'The effect of climate change on global potato production', *Am. J. Potato Res.*, vol. 80, pp. 271-80.
12. Islam, MS, Jalaluddin, M, Garner, JO, Yoshimoto, M & Yamakawa, O 2005, 'Artificial shading and temperature influence of anthocyanin compositions in sweet potato leaves', *HortSci.*, vol. 40, no. 1, pp. 176-80.
13. Jackson, SD 1999, 'Multiple signaling pathways control tuber induction in potato', *Plant Physiol.*, vol. 119, pp. 1-8.
14. Kotak, S, Larkindale, J, Lee, U, Do ring, PvK, Vierling, E & Scharf, K-D 2007, 'Complexity of the heat stress response in plants', *Curr. Opin. Plant Biol.*, vol. 10, pp. 310-6.
15. Krauss, A & Marschner, H 1984, 'Growth rate and carbohydrate metabolism of potato tubers exposed to high temperature', *Potato Res.*, vol. 27, pp. 293-303.
16. Lafta, AM & Lorenzen, JH 1995, 'Effect of high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato', *Plant Physiol.*, vol. 109, pp. 637-43.
17. Levy, D & Veilleux, RE 2007, 'Adaptation of potato to high temperatures and salinity', *Am. J. Potato Res.*, vol. 84, pp. 487-506.
18. Malkawi, A, Jensen, BL & Langille, AR 2007, 'Plant hormones isolated from katahdin potato plant tissues and the influence of photoperiod and temperature on their levels in relation to tuber induction', *J. Plant Growth Regul.*, vol. 26, pp. 308-17.
19. Menzel, CM 1980, 'Tuberization in potato at high temperatures: Responses to gibberellin and growth inhibitors', *Ann. Bot.*, vol. 46, pp. 259-65.
20. Menzel, CM 1985, 'Tuberization in potato at high temperatures: Interaction between temperature and irradiance', *Ann. Bot.*, vol. 55, pp. 35-9.
21. Morpurgo, R & Ortiz, R 1988, 'Morphology variation of potato (*Solanum* spp.) under contrasting environments', *Environ. Exp. Bot.*, vol. 28, no. 3, pp. 165-9.
22. Moosavi, SS, Samadi, BY, Naghavi, MR, Zali, AA, Dashti, H & Pourshahbaz, A 2008, 'Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes', *Desert*, vol. 12, pp. 165-78.
23. Ortiz, R & Huaman, Z 1993, 'Inheritance of morphological and tuber characteristics', Bradshaw, JE & Mackay, GR (eds.), *Potato genetics*, CAB International, pp. 263-83.
24. PPVT 2006, *Panduan pengujian individual tanaman kentang*, Pusat Perlindungan Varietas Tanaman, Departemen Pertanian, Jakarta.
25. Porch, TG 2006, 'Application of stress indices for heat tolerance screening of common bean', *J. Agron. Crop Sci.*, vol. 192, pp. 390-4.

26. Rabino, I & Mancinelli, AL 1986, 'Light, temperature, and anthocyanin production', *Plant Physiol.*, vol. 81, pp. 922-4.
27. Rosielle, AA & Hamblin, J 1981, 'Theoretical aspects of selection for yield stress and non-stress environments', *Crop Sci.*, vol. 21, pp. 943-6.
28. Sundari, T, Soemartono, Tohari & Mangoendidjojo, W 2005, 'Keragaan hasil dan toleransi genotip kacang hijau terhadap pencahayaan', *Ilmu Pertanian*, vol. 12, no. 1, hlm. 12-9.
29. Wahid, A, Gelani, S, Ashraf, M & Foolad, MR 2007, 'Heat tolerance in plants: an overview', *Environ. Exp. Bot.*, vol. 61, pp.199-223.