

**Pendinginan Zona Perakaran (*Root Zone Cooling*)  
pada Produksi Benih Kentang menggunakan Sistem Aeroponik**

***Root Zone Cooling on Seed Potato Production using Aeroponics System***

**Eni Sumarni<sup>1\*</sup>, Herry Suhardiyanto<sup>2</sup>, Kudang Boro Seminar<sup>2</sup>, dan Satyanto Krido Saptomo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto  
Jl. dr. Suparno Karangwangkal Purwokerto, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
(Bogor Agricultural University), Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
(Bogor Agricultural University), Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 28 Januari 2013/Disetujui 14 Mei 2013

**ABSTRACT**

*High temperature is the major constraint to potato cultivation in the lowland for it causes stress and inhibit initiation of potato tuber. This study was designed to investigate the effects of root zone cooling upon seed potato production using aeroponics system in lowland wet tropical climates. Cultivation techniques used in this study was the aeroponics system with three cooling temperatures (10, 15, and 20 °C) and control (greenhouse room temperature). Plantlet of potato 'Granola' variety derived from tissue culture propagation were used. The results showed that the highest number of tuber and tuber weight that can be harvested up to 90 days after planting were obtained from cooling the root zone temperature at 10 °C with the average number of tuber 14.85 tubers plant<sup>-1</sup> and average weight of tubers 409.15 mg tuber<sup>-1</sup>. Plants grown at root zone cooling at 15 and 20 °C treatments produced lower number of tubers and lower tuber weight than at 10 °C, while plants grown at greenhouse temperature did not produce tubers.*

*Keywords: cultivation techniques, Granola, high temperature, lowland tropical, potato tuber*

**ABSTRAK**

*Kendala budidaya kentang di dataran rendah adalah suhu tinggi. Suhu yang tinggi menyebabkan stres dan menghambat inisiasi umbi kentang. Penelitian ini dirancang untuk mempelajari pengaruh pendinginan daerah perakaran terhadap produksi benih kentang menggunakan sistem aeroponik di dataran rendah beriklim tropika basah. Teknik budidaya yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem aeroponik dengan tiga suhu pendinginan pada zona perakaran (10, 15, dan 20 °C) dan pada suhu ruangan rumah kaca sebagai kontrol. Bahan tanam yang digunakan adalah planlet kentang varietas 'Granola' yang berasal dari hasil perbanyakan secara kultur jaringan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah dan bobot umbi tertinggi yang dapat dipanen sampai 90 hari setelah tanam diperoleh pada suhu zona pendinginan akar 10 °C dengan rata-rata jumlah umbi 14.85 umbi tanaman<sup>-1</sup> dan rata-rata bobot umbi 409.15 mg umbi<sup>-1</sup> tanaman<sup>-1</sup>. Tanaman yang ditumbuhkan pada suhu zona akar 15 dan 20 °C menghasilkan umbi dengan jumlah dan bobot yang lebih rendah dibandingkan pada 10 °C, sedangkan tanaman kentang pada rumah kaca tidak menghasilkan umbi.*

*Kata kunci: dataran rendah tropika, Granola, suhu tinggi, teknik budidaya, umbi kentang*

**PENDAHULUAN**

Budidaya kentang di dataran rendah terkendala suhu tinggi yang mengakibatkan stress dan terjadinya penghambatan inisiasi umbi (Ahn *et al.*, 2004; Kar dan Kumar, 2007; Wang *et al.*, 2009). Hal tersebut dapat diupayakan dengan teknik aeroponik dan pendinginan terbatas (*zone cooling*). Beberapa keuntungan sistem

aeroponik adalah kemudahan panen, kontrol nutrisi, efisien dalam penggunaan lahan dan air serta kadar oksigen dalam larutan nutrisi cukup sehingga menguntungkan tanaman (Farran dan Castel, 2006; Correa *et al.*, 2008).

Suhu perakaran mempengaruhi proses fisiologi pada akar, seperti penyerapan air, nutrisi dan mineral (Juan dan Perez, 2009; Chadirin *et al.*, 2011a; Chadirin *et al.*, 2011b). Pengendalian lingkungan mikro rumah kaca di daerah tropika basah, seperti Indonesia belum banyak dikembangkan. Hal ini disebabkan sulitnya menurunkan suhu udara di dalam rumah kaca pada radiasi matahari

\* Penulis untuk korespondensi. e-mail: arny0879@yahoo.com

yang tinggi (Suhardiyanto, 2009). Penggunaan *evaporative cooling* untuk pendinginan udara di dalam rumah kaca tidak efektif ketika kelembaban udara tinggi (Gonzalez-Real dan Baille, 2006), karena akan mengakibatkan peningkatan serangan penyakit (Max *et al.*, 2009). Konsep *zone cooling* adalah mendinginkan terbatas daerah perakaran tanaman, sehingga tidak ditujukan untuk mendinginkan seluruh volume udara rumah kaca. Larutan nutrisi pada budidaya tanaman secara aeroponik dan hidroponik dapat diberikan secara otomatis (Nugaliyadde *et al.*, 2005). Pendinginan daerah perakaran mampu meningkatkan hasil mentimun (Ibarra-Jimenez *et al.*, 2008). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh teknik aeroponik dengan *zone cooling* perakaran pada produksi benih kentang di dataran rendah tropika basah.

### BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Juli 2012 di rumah kaca Departemen Teknik Pertanian IPB dengan ketinggian tempat 250 m dpl. Wadah aeroponik yang digunakan berukuran 1.5 m (p) x 1 m (l) x 1 m (t). Bahan wadah aeroponik terbuat dari kayu *multiplex* ketebalan 12 mm, bagian dalam diinsulasi dengan *styrofoam* ketebalan 2 cm. *Styrofoam* sebagai tempat tanaman menggunakan ketebalan 3 cm. Jarak tanam 15 cm x 15 cm, sehingga dalam satu wadah aeroponik terdapat 45 tanaman (Gambar 1).

Alat yang digunakan meliputi *Weather Station Davis* 6162 dan 6163 untuk mengukur iklim mikro rumah kaca. Pompa bertekanan tinggi untuk mengalirkan nutrisi melalui nozel sampai ke akar tanaman, termokopel Tipe T untuk mengukur suhu di dalam wadah aeroponik. *Hybrid recorder* Tipe MV 2000 dengan 48 *channel* dan Tipe MV 1,000 dengan 24 *channel* untuk merekam data suhu. Timer digunakan untuk mengontrol waktu penyemprotan nutrisi, *chiller* digunakan untuk mendinginkan nutrisi, dan pompa celup untuk mengalirkan nutrisi yang akan didinginkan ke dalam *chiller*.

Bibit kentang yang digunakan adalah varietas 'Granola' hasil kultur jaringan dari Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) Bandung yang telah diaklimatisasi dan

siap tanam umur 20 hari. Nutrisi yang digunakan adalah AB Mix. *Electric conductivity* (EC) larutan nutrisi pada fase vegetatif adalah 1.8 mS cm<sup>-3</sup> dan pH 6, sedangkan pada fase generatif adalah 2.5 mS cm<sup>-3</sup> dan pH 5.8. Lama penyiraman nutrisi 16 menit dan kondisi *timer* mati selama 2.5 menit. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan *zone cooling* (10, 15, 20 °C dan tanpa pendinginan) dengan tiga kali ulangan. Analisis data menggunakan sidik ragam dan dilanjutkan dengan DMRT pada taraf  $\alpha = 5\%$ .

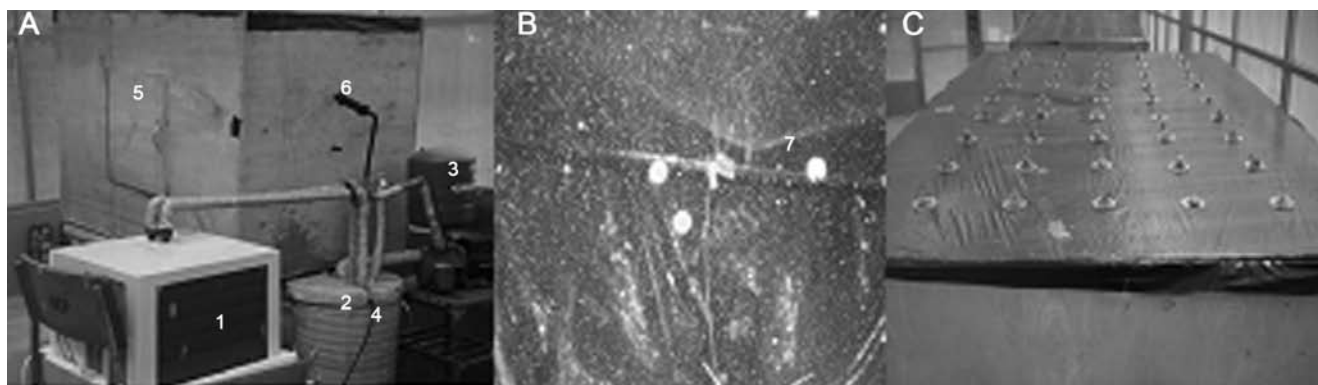
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Suhu Udara di Daerah Perakaran Tanaman Kentang*

Suhu perakaran dengan pemberian *zone cooling* dan kontrol menunjukkan perbedaan. Penggunaan *zone cooling* mampu mempertahankan suhu perakaran tetap dingin dibandingkan tanpa pendinginan. *Zone cooling* 10 °C mampu menjaga suhu perakaran 10.1-10.8 °C, *zone cooling* 15 °C mampu mempertahankan suhu 15.2-15.3 °C, *zone cooling* suhu 20 °C dapat mempertahankan suhu 20.3-20.4 °C, sedangkan pada kontrol suhu perakaran berubah-ubah mengikuti suhu udara di dalam rumah kaca, pada pukul 07.00-08.00 mencapai 23.8 °C, pukul 13.00-14.00 mencapai 32.6 °C dan pukul 16.00-17.00 mencapai suhu 30.3 °C (Tabel 1).

*Zone cooling* mampu menurunkan suhu perakaran sampai 10 °C lebih rendah dibandingkan tanpa pendinginan. Penggunaan mulsa jerami untuk menurunkan suhu tanah di siang hari pada kedalaman 5 cm sebesar 6 °C lebih rendah dibandingkan tanpa mulsa, sedangkan pada mulsa plastik hitam perak sebesar 3 °C (Hamdani, 2009).

Energi listrik untuk menjaga suhu udara 24 °C pada siang hari dan 15 °C pada malam hari di dalam rumah kaca yang dilengkapi dengan *shading materials* mencapai 31 MJ m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> (Yamano *et al.*, 1991). Energi listrik pada pendinginan terbatas daerah perakaran sekitar 13.24 MJ m<sup>-2</sup> hari<sup>-1</sup> (Randiniaty, 2007). Dengan demikian, pendinginan terbatas lebih efisien. Panas jenis larutan nutrisi lebih tinggi dibandingkan udara, sehingga sekali larutan nutrisi didinginkan, suhunya akan bertahan pada tingkat cukup



Gambar 1. Sistem aeroponik benih kentang dengan *zone cooling* daerah perakaran (A), nozel di dalam wadah aeroponik (B), tanaman kentang pada wadah aeroponik (C); 1. *Chiller* (pendingin nutrisi); 2. Ember penampung nutrisi; 3. Pompa; 4. Pompa celup (didalam ember penampung nutrisi); 5. Wadah aeroponik; 6. Filter; 7. Nozel

rendah dalam waktu yang lama (Matsuoka dan Suhardiyanto, 1992).

*Tinggi Tanaman*

Suhu udara maksimum rata-rata di dalam rumah kaca percobaan mencapai 35.3 °C, suhu udara rata-rata siang hari 29.9 °C, suhu udara rata-rata malam hari 26.3 °C, kelembaban relatif 78% (Tabel 2). Pendinginan daerah perakaran memberikan pengaruh yang berbeda pada rata-rata tinggi tanaman (Tabel 3). Pemberian *zone cooling* 20 °C menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan lain, dan terendah pada suhu kontrol.

Tinggi tanaman kentang Granola pada kondisi stress berkisar 34.3-43.3 cm, dalam keadaan normal mencapai 59 cm (Kusmana, 2003; Kusmana dan Basuki, 2005). Suhu perakaran yang tinggi mengakibatkan peningkatan tinggi tanaman karena perpanjangan dan peningkatan jumlah ruas batang. Perpanjangan ruas batang disebabkan kandungan asam giberelin yang tinggi akibat suhu tinggi, sehingga memacu pertumbuhan bagian atas tanaman melalui peningkatan pembelahan dan perpanjangan sel (Levy dan Veilleux, 2007; Alexopoulos *et al.*, 2008).

Laju perkembangan tanaman berbanding lurus terhadap suhu. Hal ini berarti semakin tinggi suhu semakin cepat laju perkembangan sehingga masa panen lebih cepat. Faktor lingkungan yang mempengaruhi proses pertumbuhan kentang, yakni suhu, lama penyinaran, intensitas cahaya, media tumbuh dan kelembaban (Kusmana dan Basuki, 2005; Van Oort *et al.*, 2012). Tanaman kentang menghendaki suhu berbeda-beda setiap fasenya. Tanaman dalam fase vegetatif tumbuh baik pada suhu sekitar 25 °C. Suhu ideal untuk pembentukan umbi sekitar 15-20 °C (Lovatt, 1997). Kelembaban rata-rata untuk pertumbuhan tanaman kentang 80-90%. Kelembaban berpengaruh terhadap evapotranspirasi dan proses transport air dan nutrisi dari akar ke tajuk tanaman (Struik, 2008).

*Jumlah Daun*

Tanaman pada suhu 10 °C mulai mengalami layu terbakar ketika memasuki umur 70 HST. Persentase tanaman layu terbakar pada suhu 10 °C mencapai 24%, suhu *zone cooling* lainnya mencapai lebih dari 40%. Saat suhu kontrol, tanaman mulai mengalami layu terbakar pada 40 HST, lebih awal dibandingkan tanaman kentang dengan *zone cooling*. Suhu akar merupakan faktor penting untuk merombak akumulasi ion pada kondisi yang tidak optimal karena reaksi biokimia yang tidak seimbang (Subrahmanian dan Zhou, 2008; O'Hare, 2004). Terbakarnya pucuk tanaman dapat disebabkan oleh tingginya suhu udara di atas tanaman pada siang hari yang mencapai 35.9 °C dan suhu malam hari mencapai 25 °C.

*Zone cooling* memberikan pengaruh yang berbeda terhadap jumlah daun (Tabel 4). Jumlah daun terbanyak diperoleh dari *zone cooling* 20 °C, kemudian diikuti oleh

Tabel 1. Pengaruh *zone cooling* terhadap rata-rata suhu di daerah perakaran selama percobaan

Perlakuan suhu (°C)	Suhu daerah perakaran (°C)		
	Pagi	Siang	Sore
10	10.1	10.4	10.8
15	15.2	15.3	15.3
20	20.4	20.4	20.3
Kontrol	23.8	32.6	30.3

Keterangan: pagi pukul 07.00-08.00, siang pukul 13.00-14.00, sore pukul 16.00-17.00

Tabel 2. Rata-rata suhu udara dan kelembaban udara di dalam rumah kaca pada 1-90 HST

Iklm mikro di dalam rumah kaca	Rata-rata
Suhu udara maksimum (°C)	35.3
Suhu udara minimum (°C)	24.2
Suhu udara siang (°C)	29.9
Suhu udara malam (°C)	26.3
Kelembaban relatif udara (%)	78.0

Tabel 3. Pengaruh perlakuan pendinginan zona perakaran terhadap tinggi rata-rata tanaman kentang

Perlakuan suhu (°C)	Tinggi tanaman (cm)			
	30 HST	40 HST	50 HST	60 HST
10	33.02c	57.81c	74.87c	79.97c
15	40.60b	70.09b	88.84b	91.05b
20	43.04a	74.13a	96.57a	103.61a
Kontrol	18.68d	24.55d	28.13d	28.41d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf  $\alpha = 5\%$ ; HST = hari setelah tanam

Tabel 4. Pengaruh perlakuan pendinginan zona perakaran terhadap rata-rata jumlah daun tanaman kentang

Perlakuan suhu (°C)	Jumlah daun			
	30 HST	40 HST	50 HST	60 HST
10	33.78b	48.73a	73.60a	89.98a
15	44.02ab	56.38a	79.23a	72.64a
20	47.46a	65.51a	83.57a	69.21a
Kontrol	13.46c	21.33b	19.08b	14.78b

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

suhu 15, dan 10 °C serta yang paling rendah pada kontrol. Tanaman dengan *zone cooling* 15, dan 20 °C serta kontrol pada umur 60 HST mengalami penurunan jumlah daun. Hal ini disebabkan karena bagian atas tanaman mengalami layu terbakar. Pereira dan Nova (2008), penambahan suhu 10 °C menyebabkan respirasi bertambah dua kali lipat. Jika suhu meningkat maka laju pertumbuhan tanaman meningkat sampai mencapai maksimum. Laju respirasi pada waktu yang sama secara bertahap meningkat dengan meningkatnya suhu sehingga kehilangan air melalui respirasi lebih besar dibandingkan aktivitas fotosintesis.

Penelitian sistem aeroponik kentang dengan pendingin ruangan (*air conditioner*, AC) pada suhu 20.0-26.5 °C dan kelembaban udara rata-rata 50% menunjukkan bahwa penurunan jumlah daun terjadi mulai 23 HST, kemudian semua tanaman mati pada 32 HST. Pendinginan menggunakan AC dapat memberikan suhu yang sesuai bagi tanaman, namun karena udara yang dikeluarkan berupa udara kering maka mengakibatkan kelembaban udara menjadi rendah (Simangunsong, 2011). Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa *zone cooling* dapat mengurangi stress pada tanaman saat daerah tajuk mengalami suhu tinggi (suhu udara mencapai 35 °C).

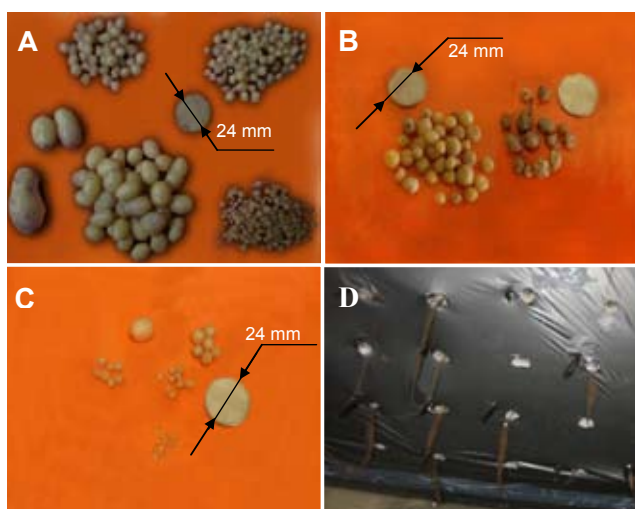
*Jumlah dan Bobot Umbi pada Suhu Zone Cooling*

Tanaman pada suhu *zone cooling* 15 °C dipanen lebih awal (70 HST) karena pucuk tanaman sebagian besar terbakar, tetapi bagian akar tanaman masih segar. Jumlah dan bobot umbi tertinggi diperoleh pada *zone cooling* 10 °C sebanyak 579 umbi dengan rata-rata jumlah umbi 14.85 umbi tanaman<sup>-1</sup>, bobot umbi rata-rata 409.15 mg umbi<sup>-1</sup>. *Zone cooling* 15 °C menghasilkan 55 umbi dengan rata-rata jumlah umbi 1.67 umbi tanaman<sup>-1</sup>, bobot umbi rata-rata 205.44 mg umbi<sup>-1</sup> tidak berbeda dengan *zone cooling* 20 °C (Gambar 2). Tanaman kentang pada suhu kontrol tidak menghasilkan umbi (Tabel 5). Kenaikan suhu

rata-rata sebesar 2 °C akibat penurunan ketinggian tempat menyebabkan mundurnya inisiasi umbi selama 13 hari. Tanaman kentang menghendaki suhu yang berbeda untuk setiap periode pertumbuhan. Daerah dengan suhu maksimum 30 °C dan minimum 15 °C sangat baik untuk pertumbuhan tanaman kentang daripada daerah dengan suhu yang relatif konstan, yaitu 24 °C. Suhu tanah yang lebih tinggi dari 24 °C menyebabkan aktivitas beberapa enzim dalam metabolisme pati tertekan sehingga terjadi penurunan kadar pati pada umbi dan menghambat perombakan gula menjadi pati. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi bahan kering dapat tertunda pada suhu tanah lebih dari 24 °C dan sangat terganggu pada suhu tanah 33 °C karena sebagian besar karbohidrat dikonsumsi untuk respirasi. Akibatnya, karbohidrat yang digunakan untuk pertumbuhan berkurang (Liu *et al.*, 2006).

Setiap kenaikan suhu lima derajat di atas 20 °C terjadi penurunan laju fotosintesis 25%, sehingga tekanan suhu tinggi dapat menurunkan hasil umbi melalui pengurangan translokasi fotosintat ke umbi (Timlin *et al.*, 2006). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kentang varietas ‘Granola’ yang ditanam di dataran rendah Tajur (250 m dpl) tidak menghasilkan umbi (Dermawan, 1985). Ukuran umbi pada teknik aeroponik berkisar 50-18,000 mg. Umbi mini berukuran 1-2 g dapat digunakan untuk perbanyakan secara konvensional atau dalam pot (Otazu, 2010). Ukuran umbi mikro yang dapat digunakan sebagai indeks kualitas benih kentang minimal berukuran 0.5 g (Park *et al.*, 2009).

Suhu tanah berpengaruh terhadap bobot umbi. Peningkatan suhu sebesar 3 °C dari 18 °C menjadi 21 °C mampu menurunkan bobot umbi 4.2 g batang<sup>-1</sup> (Liu *et al.*, 2005). Aeroponik merupakan salah satu teknik budidaya tanaman dimana zona perakaran dapat dikontrol (Kratsch *et al.*, 2006). Produksi umbi dipengaruhi oleh laju dan lama pengisian umbi. Laju pengisian umbi semakin rendah dengan meningkatnya suhu siang hari. Suhu tinggi menghambat translokasi asimilat ke umbi, sehingga pembentukan umbi terhambat. Teknik produksi benih kentang secara aeroponik di dataran rendah dengan *zone cooling* merupakan harapan baru untuk mengatasi keterbatasan dan menurunnya produktivitas lahan pertanian di dataran tinggi.



Gambar 2. Umbi kentang dari perlakuan *zone cooling* 10 °C (A), 15 °C (B), 20 °C (C), dan tanpa pendinginan (D)

Tabel 5. Pengaruh perlakuan pendinginan zona perakaran terhadap rata-rata jumlah dan bobot umbi

Perlakuan suhu (°C)	Jumlah umbi per tanaman	Bobot per umbi (mg)
10	14.85a	409.15a
15	1.67b	205.44b
20	1.33b	50.00c
Kontrol	0.00c	0.00d

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

## KESIMPULAN

Teknik aeroponik dengan *zone cooling* memberikan rata-rata tinggi tanaman dan jumlah daun kentang yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pendinginan. Jumlah dan bobot umbi tertinggi diperoleh pada *zone cooling* 10 °C sebanyak 579 umbi, rata-rata jumlah umbi 14.85 umbi tanaman<sup>-1</sup>, dan bobot umbi rata-rata 409.15 mg umbi<sup>-1</sup>. *Zone cooling* suhu 15 °C menghasilkan 55 umbi dengan rata-rata jumlah umbi 1.67 umbi tanaman<sup>-1</sup>, dan bobot umbi 205.44 mg umbi<sup>-1</sup> tidak berbeda dengan *zone cooling* 20 °C. Tanaman kentang pada suhu tanpa pendinginan (30.3-32.6 °C) tidak menghasilkan umbi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, Y.J, K. Claussen, J.L. Zimmerman. 2004. Genotypic differences in the heat-shock response and thermotolerance in four potato cultivars. *Plant Sci.* 166:90-91.
- Alexopoulos, A.A., G. Aivalakis, K.A. Akoumianakis, H.C. Passam. 2008. Effect of gibberellic acid on the duration of dormancy of potato tubers produced by plants derived from true potato seed. *Postharvest Biol. Technol.* 49:424-430.
- Chadirin, Y., K. Hidaka, T. Takahashi, Y. Sago, T. Wajima, M. Kitano. 2011a. Application of temperature stress to roots of spinach. I. Effect of the low temperature stress on quality. *Environ. Control Biol.* 49:133-139.
- Chadirin, Y., K. Hidaka, Y. Sago, T. Wajima, M. Kitano. 2011b. Application of temperature stress to root zone of spinach. II. Effect of the high temperature pre-treatment on quality. *Environ. Control Biol.* 49:157-164.
- Correa, R.M., J.E.B.P. Pinto, A.A.B.P. Pinto, V. Faquin, E.S. Reis, A.B. Monteiro, W.E. Dyer. 2008. A comparison of potato seed tuber yields in beds, pots and hydroponic systems. *Sci. Hort.* 116:17-20.
- Dermawan, I. 1985. Pengujian sifat tumbuh dan hasil biji botanis dari beberapa nomer pemuliaan kentang di dataran rendah dan tinggi. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Farran, I., M. Castel. 2006. Potato mini tuber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. *Am. J. Potato Res.* 83:47-53.
- Gonzalez-Real, M.M., A. Baille. 2006. Plant response to greenhouse cooling. *Acta Hor.* 719:427-438.
- Hamdani, J.S. 2009. Pengaruh jenis mulsa terhadap pertumbuhan dan hasil tiga kultivar kentang (*Solanum tuberosum* L.) yang ditanam di dataran medium. *J. Agron. Indonesia.* 37:14-20.
- Ibarra-Jimenez, L., Z. Gonzalez, A. Rio, J.C. Rubalcava, B.O.H. Ortiz. 2008. Changes in soil temperature, yield and photosynthetic response of potato (*Solanum tuberosum* L.) under coloured plastic mulch. *Agrochimica* 52:263-272.
- Juan, C., D. Perez. 2009. Root zone temperature, plant growth and yield of broccoli [*Brassica oleracea* (Plenck) var. *italica*] as affected by plastic film mulches. *Sci. Hort.* 123:156-163.
- Kar, G., A. Kumar. 2007. Effects of irrigation and straw mulch on water use and tuber yield of potato in Eastern India. *Agric. Water Manage.* 94:109-116.
- Kratsch, H.A., R.G. William, J.G. Richard. 2006. Aeroponic system for control of root-zone atmosphere. *J. Environ. Exp. Bot.* 55:70-76.
- Kusmana, 2003. Evaluasi beberapa klon kentang asal stek batang untuk uji ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*. *J. Hort.* 13:220-228.
- Kusmana, R.S. Basuki. 2005. Uji stabilitas hasil umbi 7 genotipe kentang di dataran tinggi Pulau Jawa. *J. Hort.* 15:254-259.
- Levy, D., R.E. Veilleux. 2007. Adaptation of potato to high temperatures and salinity. A review. *Am. J. Potato Res.* 84:487-506.
- Liu, F., A. Shahnazari, M.N. Andersen, S.E. Jacobsen, C.R. Jensen. 2006. Physiological responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) to partial root zone drying: ABA signalling, leaf gas exchange, and water use efficiency. *J. Exp. Bot.* 57:3727-3735.
- Liu, F., C.R. Jensen, A. Shahnazari, M.N. Andersen, S.E. Jacobsen. 2005. ABA regulated stomatal control and photosynthetic water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) during progressive soil drying. *Plant Sci.* 168:831-836.
- Lovatt, J.L. 1997. Potato Information Kit. The Agrilink Series. The State of Queensland, Departemen of Primary Industries, Australia.
- Matsuoka, H. Suhardiyanto. 1992. Thermal and flowing aspects of growing petty tomato in cooled NFT solution during summer. *Environ. Control Biol.* 30:119-125.

- Max, J.F.J., W.J. Horst, U.N. Mutwiwa, H.J. Tantau. 2009. Effects of greenhouse cooling method on growth, fruit yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a tropical climate. *Sci. Hort.* 122:179-186.
- Nugaliyadde, M.M., H.D.M. De Silva, R. Perera, D. Ariyaratna, U.R. Sangakkara. 2005. An aeroponics system for the production of pre basic seed of potato. *Ann. Sri Lanka Departement of Agriculture* 7:199-208.
- O'Hare, T.J. 2004. Impact of root and shoot temperature on bud dormancy and floral induction in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Sci. Hort.* 99:21-28.
- Otazu, V. 2010. Manual on Quality Seed Potato Production Using Aeroponics. International Potato Center (CIP), Lima, Peru.
- Park, S.W., J.H. Jeon, H.S. Kim, S.J. Hong, C. Swath, H. Joung. 2009. The effect of size and quality of potato microtubers on quality of seed potatoes in the cultivar 'Superior'. *Sci. Hort.* 120:127-129.
- Pereira A., N.V. Nova. 2008. Potato maximum yield as affected by crop parameters and climatic factors in Brazil. *HortScience* 43:1611-1614.
- Randiniaty, Y. 2007. Analisis termal pendinginan siang/malam (*day/night cooling*) larutan nutrisi pada budidaya tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dengan sistem nutrient film technique. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Simangunsong, L.P. 2011. Kehilangan air tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) dengan sistem aeroponik. Skripsi. Departemen Geofisika dan Meteorologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Struik, P.C. 2008. The canon of potato science: minitubers. *Potato Res.* 50:305-308.
- Subrahmaniyan, K., W.J. Zhou. 2008. Soil temperature associated with degradable, non degradable plastic and organic mulches and their effect on biomass production, enzyme activities and seed yield of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *J. Sustain. Agric.* 32:611-627.
- Suhardiyanto, H. 2009. Teknologi Rumah Tanaman untuk Iklim Tropika Basah. IPB Press, Bogor.
- Timlin, D., S.M.L. Rahman, J. Baker, V.R. Reddy, D.H. Fleisher, B. Quebedeaux. 2006. Whole plant photosynthesis, development and carbon partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.) as a function of temperature. *Agron. J.* 98:1195-1203.
- Van Oort, P.A.J., B.G.H. Timmermans, H. Meinke, M.K. Van Ittersum. 2012. Key weather extremes affecting potato production in The Netherlands. *Europ. J. Agron.* 37:11-22.
- Wang, X.F., S.Y. Feng, X.Y. Hou, S.Z. Kang, J.J. Han. 2009. Potato growth with and without plastic mulch in two typical regions of Northern China. *Field Crop. Res.* 110:123-129.
- Yamano, T., M. Nakanishi, T. Sakano, T. Uchida. 1991. Measurement result of air-conditioning load of a plant factory. *Bul. Shikoku Res. Inst.* 28:68-72.