

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 4, No. 2, Oktober 2016



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA). JTEP terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Sehubungan dengan banyaknya naskah yang diterima redaksi, maka sejak edisi volume 4 No. 1 tahun 2016 redaksi telah meningkatkan jumlah naskah dari 10 naskah menjadi 15 naskah untuk setiap nomor penerbitan, tentunya dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi *online*. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energy alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang B. Seminar (Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Universitas Sriwijaya, Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)
Y. Aris Purwanto (Institut Pertanian Bogor)
M. Faiz Syuaib (Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Universitas Hasanuddin, Makasar)
Anom S. Wijaya (Universitas Udayana, Denpasar)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah
Sekretaris : Lenny Saulia
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah
Anggota : Usman Ahmad
Dyah Wulandani
Satyanto K. Saptomo
Slamet Widodo
Liyantono
Sekretaris : Diana Nursolehat

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 4 No. 2 Oktober 2016. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Ade M. Kramadibrata, (Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Bambang Purwanto, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Tineke Madang, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Siswoyo Soekarno, M.Eng (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya), Dr.Ir. Nugroho Triwaskito, MP (Prodi. Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Malang), Dr.Ir. Lady Corrie Ch Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si. (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Yazid Ismi Intara, SP.,M.Si. (Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman), Dr. Ir. Supratomo, DEA (Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr. Suhardi, STP.,MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastira, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold O. Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Sugiarto (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. M. Yanuar J. Purwanto, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Chusnul Arief, STP., MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

Pengembangan Sistem Hidroponik untuk Budidaya Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)

*Development of A Hydroponic System for Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivation*

Yohanes Bayu Suharto, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor.
Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680. Email: yohanes.bayu@yahoo.com
Herry Suhardiyanto, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: herrysto@yahoo.com
Anas Dinurrohman Susila, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor.

Abstract

Potato cultivation in Indonesia is mostly carried out in upper land with steep slope that also contribute a significant portion in annual volume of eroded soil. Hydroponic system could be an effective method for potato cultivation while avoiding soil erosion. The objective of this research was to design a hydroponic system for potato cultivation. Computational Fluid Dynamic (CFD) simulation was used to describe the root zone temperature distribution in a hydroponic bed. Potatoes was grown in hydroponic systems with different treatment of Electrical Conductivity (EC) values of nutrient solution, i.e. 1.8 mS and 2.5 mS. CFD simulation was capable to describe the distribution of fluid temperature inside the hydroponic bed accurately with R^2 value of 0.9837 and average error of 1.8%. Potato plants grown in hydroponic system performed well. It produced tubers although the root zone temperatures reached 30.4°C. Plants grown at EC value of nutrient solution 1.8 mS treatment produce the average number of tuber 4.3 tubers and average weight of tubers 77.2 g per plant. While that grown at nutrient solution with EC value of 2.5 mS produced the average number of tuber 4.6 tubers and average weight of tubers 60.0 g per plant. It was demonstrated that the hydroponic system could be used in potato cultivation for consumption tuber.

Keywords: *hydroponic system, potato cultivation, CFD simulation, root zone temperature*

Abstrak

Budidaya kentang di Indonesia umumnya dilakukan pada lahan miring di dataran tinggi sehingga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap erosi tanah. Budidaya dengan sistem hidroponik dapat menjadi salah satu metode yang efektif untuk budidaya kentang yang dapat menekan terjadinya erosi tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem hidroponik untuk budidaya tanaman kentang. Simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD) digunakan untuk menggambarkan distribusi suhu daerah perakaran pada bedeng tanaman. Tanaman kentang ditanam pada sistem hidroponik dengan dua perlakuan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) larutan nutrisi yang berbeda, yaitu 1.8 mS dan 2.5 mS. Simulasi CFD mampu menggambarkan distribusi suhu daerah perakaran pada bedeng tanaman secara akurat dengan nilai R^2 0.9837 dan rata-rata error sebesar 1.8%. Tanaman kentang dapat tumbuh dengan baik pada sistem hidroponik dan mampu menghasilkan umbi meskipun suhu daerah perakaran tanaman mencapai 30.4°C. Tanaman kentang yang ditanam dengan DHL larutan nutrisi 1.8 mS menghasilkan rata-rata jumlah umbi 4.3 umbi per tanaman dan rata-rata berat umbi 77.2 g per tanaman. Sementara tanaman kentang yang ditanam dengan DHL larutan nutrisi 2.5 mS menghasilkan rata-rata jumlah umbi 4.6 umbi per tanaman dan rata-rata berat umbi 60.0 g per tanaman. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem hidroponik dapat digunakan dalam budidaya tanaman kentang untuk produksi kentang ukuran konsumsi.

Katakunci: sistem hidroponik, budidaya kentang, simulasi CFD, suhu daerah perakaran

Diterima: 7 Januari 2016; Disetujui: 13 Mei 2016

Pendahuluan

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) menjadi komoditi penting ke empat dunia setelah padi, jagung dan gandum (Sumartono & Sumarni 2013). Pada tahun 2012 produksi kentang nasional sebesar 1.069 juta ton. Sementara penggunaan kentang sebagai bahan makanan dan bibit serta yang tercecer bisa mencapai 1.18 juta ton pada tahun 2012. Konsumsi kentang oleh rumah tangga rata-rata meningkat sebesar 1.76% setiap tahunnya pada periode tahun 2002–2012. Perkembangan konsumsi kentang yang terus meningkat dari tahun ke tahun menyebabkan pemerintah harus mengimpor kentang untuk memenuhi kebutuhan kentang di Indonesia. Jumlah impor kentang yang masuk ke Indonesia mencapai 116 ribu ton pada tahun 2012 (Pusdatin 2013).

Meskipun telah lama dibudidayakan, namun produktivitas kentang di Indonesia masih tergolong rendah. Pada tahun 2012 produktivitas kentang hanya sebesar 16.58 ton/ha dari luas areal tanam 65,989 ha (BPS 2015). Sementara potensi hasil kentang dapat mencapai 25 ton/ha (Dianawati 2013). Menurut Sumarni *et al.* (2013a), penyebab rendahnya produktivitas kentang di Indonesia antara lain: (1) masih dibudidayakan secara konvensional, (2) lahan dataran tinggi yang sesuai untuk budidaya kentang semakin terbatas, dan (3) sebagai daerah tropika basah, Indonesia adalah daerah yang optimal bagi perkembangan hama dan penyakit tanaman kentang.

Peningkatan produktivitas dengan budidaya konvensional semakin sulit dilakukan karena luas lahan di dataran tinggi yang semakin terbatas, kondisi kesuburan tanah yang menurun, dan rentan terhadap erosi tanah. Menurut Henny *et al.* (2011), penanaman kentang pada lahan miring di dataran tinggi dengan sistem guludan yang searah lereng berkontribusi paling besar terhadap erosi tanah yaitu sebesar 22.94 ton/ha. Selain itu, Kusmanto (2010) berpendapat bahwa tanaman kentang yang dibudidayakan secara monokultur sering menyebabkan terjadinya erosi. Semakin tinggi wilayah usaha tani, maka semakin besar risiko terjadinya erosi tanah. Oleh karena itu, perlu alternatif teknik budidaya untuk meningkatkan produktivitas kentang dan menekan terjadinya erosi tanah sebagai upaya konservasi lahan di dataran tinggi.

Pengembangan teknologi dalam budidaya kentang dengan sistem hidroponik menjadi salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk meningkatkan produktivitas kentang dan sebagai upaya konservasi lahan di Indonesia. Teknik budidaya secara hidroponik merupakan salah satu upaya untuk memperoleh produk pertanian yang berkualitas, sehat, bebas pestisida, seragam dan dapat dilakukan secara kontinyu. Menurut Sumartono & Sumarni (2013), keuntungan

budidaya secara hidroponik untuk produksi benih kentang antara lain: (1) hasil produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan budidaya konvensional, (2) serangan hama dan penyakit tanaman lebih rendah, dan (3) kontrol nutrisi bagi tanaman lebih mudah dilakukan. Selain itu, kentang dapat dipanen secara kontinyu dalam upaya menyediakan suplai makanan yang berkelanjutan (Molders *et al.* 2012).

Produksi kentang untuk konsumsi di Indonesia pada umumnya masih dibudidayakan secara konvensional. Oleh karena itu, perlu dirancang sebuah sistem hidroponik dengan harapan mampu memberikan kondisi optimal bagi pertumbuhan kentang untuk dapat menghasilkan umbi dengan ukuran konsumsi dan memiliki kualitas serta kuantitas umbi yang lebih baik. Salah satu parameter yang menjadi masalah dan perlu diperhatikan dalam perancangan sistem hidroponik untuk budidaya kentang adalah distribusi suhu pada daerah perakaran. Suhu perakaran mempengaruhi proses fisiologi pada akar seperti penyerapan air, nutrisi, dan mineral. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stress pada tanaman dan terjadinya penghambatan inisiasi umbi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melihat dan memprediksi distribusi suhu pada daerah perakaran sistem hidroponik adalah dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) (Sumarni *et al.* 2013a).

Tujuan umum dari penelitian ini adalah merancang sistem hidroponik untuk budidaya tanaman kentang. Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah menganalisis distribusi suhu di daerah perakaran pada sistem hidroponik menggunakan simulasi CFD dan menganalisis respon pertumbuhan dan hasil tanaman kentang yang ditanam secara hidroponik.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Maret sampai September 2015. Perancangan sistem hidroponik dan simulasi CFD dilakukan di Laboratorium LBP Departemen Teknik Mesin dan Biosistem IPB. Pembuatan sistem hidroponik dan penanaman kentang dilakukan di rumah tanaman tipe *arch* Unit Lapangan Percobaan University Farm IPB Pasir Sarongge yang berada pada ketinggian 1200 m dpl.

Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri atas multiplek (*plywood*), *styrofoam*, sekrap, plastik PE hitam, pipa PVC $\frac{3}{4}$ inch, pipa PE 5 mm, selang, emiter, kawat loket (*welded wiremesh*) $\frac{1}{2}$ inch, arang sekam, *rockwool*, *polybag*, ember, tangki air 120 liter, fungisida dengan bahan aktif Mankozeb 80 % dan Klorotalonil 75 %, dan

insektisida dengan bahan aktif Deltrametrin 25 g/l. Bibit kentang yang digunakan adalah bibit G2 kultivar Granola. Nutrisi yang digunakan adalah nutrisi hidroponik AB *Mix*.

Alat

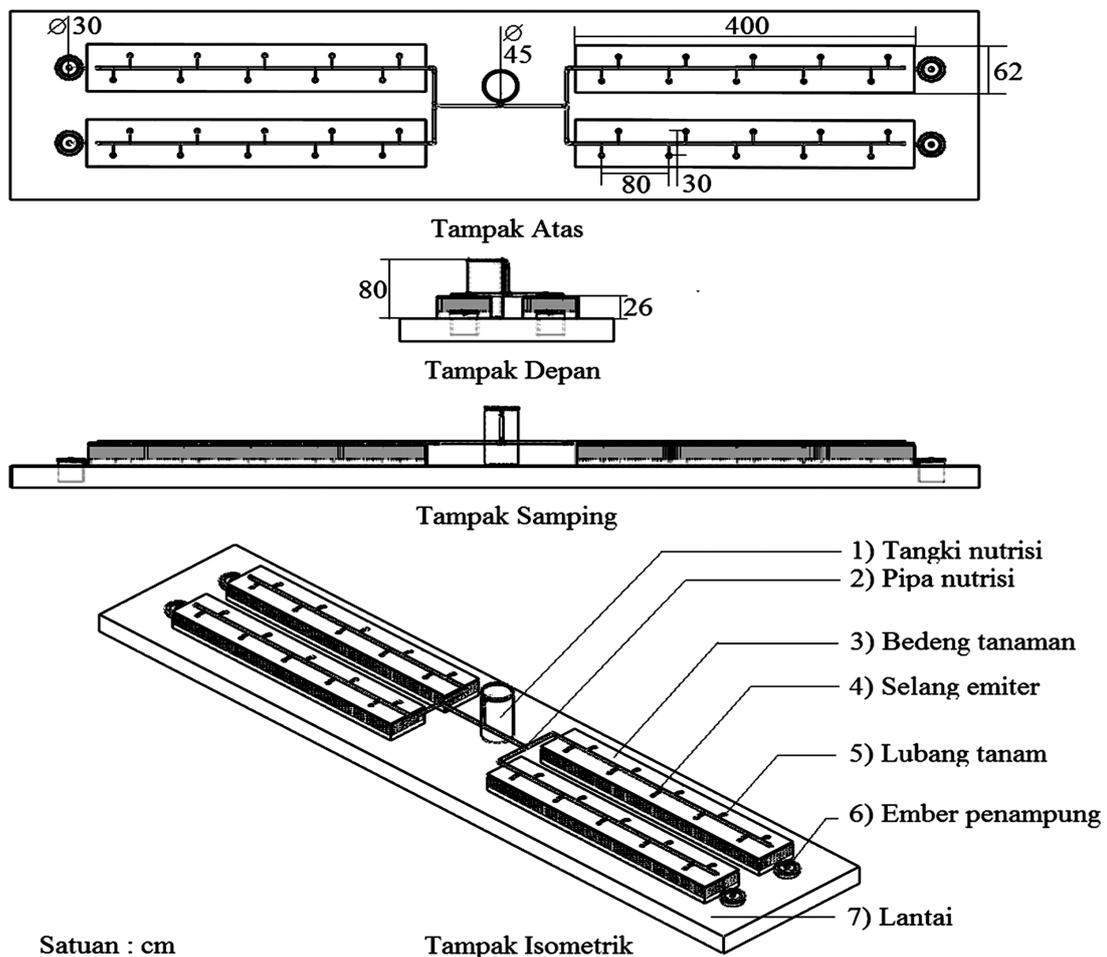
Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi peralatan perancangan dan pembuatan sistem hidroponik serta instrumen pengukuran. Peralatan untuk perancangan dan pembuatan sistem hidroponik terdiri atas seperangkat komputer, meteran, gunting, gergaji listrik, mesin bor tangan, tang potong, pompa air celup (tipe WP-3800) dan waterpass. Sedangkan instrumen pengukuran yang digunakan adalah gelas ukur 10 ml dan 1000 ml, *HybridRecorder* Yokogawa MV1000 untuk mengukur dan merekam data suhu, termokopel tipe T, EC meter (model COM-80), pH meter (model PH-108), *Light* meter (model LX-101A), *timer* (tipe TS-ED1), timbangan digital (Sonic® model JSC-B), penggaris dan kamera digital.

Konsep Desain Sistem Hidroponik

Sistem hidroponik yang dirancang merupakan kombinasi dari tiga sistem dasar hidroponik, yaitu sistem irigasi tetes (*drip irrigation system*), sistem sumbu (*wick*), dan sistem NFT (*nutrient film*

technique). Sistem hidroponik terdiri atas beberapa komponen, yaitu tangki nutrisi, pompa celup, pipa penyalur nutrisi, bedeng tanaman, dan ember penampung nutrisi. Dalam satu sistem terdapat empat bedeng tanaman (Gambar 1). Pada setiap bedeng tanaman terdapat sepuluh lubang tanam dengan jarak tanam 30 × 80 cm. Media tanam menggunakan rockwool dan diberi sumbu untuk membantu penyerapan nutrisi (Gambar 2).

Bedeng tanaman dibuat dari multiplek (*plywood*) dengan ketebalan 1.2 cm yang dilapisi dengan plastik PE hitam. Tutup bedeng tanaman dibuat dari *styrofoam* dengan ketebalan 2 cm. Bedeng memiliki dimensi panjang 400 cm, lebar 62 cm, dan tinggi 26 cm (Gambar 2). Di dalam bedeng tanaman diberikan keranjang berlubang (menggunakan kawat loket) yang berfungsi sebagai penahan umbi kentang yang terbentuk agar tidak terendam atau tergenang pada larutan nutrisi, namun akar tanaman masih bisa menembus keranjang untuk menyerap nutrisi secara NFT. Keranjang untuk umbi memiliki dimensi panjang 400 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 19 cm. Di dalam bedeng tanaman juga terdapat pipa pembuangan yang berfungsi mengeluarkan larutan nutrisi yang berlebih agar tidak sampai merendam daerah perumbian kentang.



Gambar 1. Rancangan sistem hidroponik.

Simulasi Distribusi Suhu pada Bedeng Tanaman dengan CFD

Simulasi CFD dilakukan untuk melihat distribusi suhu larutan nutrisi dan daerah perakaran pada bedeng tanaman. Simulasi ini dilakukan dengan bantuan software Solidworks Premium 2011 yang sudah terintegrasi dengan flow simulation. Perangkat komputer yang digunakan memiliki spesifikasi CPU Intel Core i7, memori RAM 12 GB, dan sistem operasi 64-bit.

Simulasi dilakukan untuk melihat distribusi suhu bedeng tanaman pada kondisi suhu lingkungan rendah (pagi hari) dan tinggi (siang hari) pada dua fase pertumbuhan tanaman, yaitu fase vegetatif dan fase tuberisasi. Bentuk geometri bedeng tanaman untuk simulasi dibuat dengan skala 1:1 dengan ukuran yang sebenarnya yang memiliki panjang 400 cm, lebar 62 cm, dan tinggi 26 cm dengan ketebalan dinding dan alas 1.2 cm, sedangkan tutup bedeng memiliki ketebalan 2 cm (Gambar 3).

Simulasi dalam penelitian ini menggunakan tipe analisis internal dengan pengaruh gravitasi. Fluida yang digunakan adalah air (water) yang dianggap sebagai larutan nutrisi. Data input yang digunakan dalam simulasi diambil dari data pengukuran pada tanggal 24 Juni 2015 (fase vegetatif, 14 HST) dan 5 Agustus 2015 (fase tuberisasi, 56 HST). Data input kondisi awal dan kondisi batas dalam simulasi disajikan pada Tabel 1.

Validasi dilakukan dengan membandingkan

suhu udara dan suhu larutan nutrisi di dalam bedeng tanaman hasil pengukuran dengan hasil simulasi CFD. Keakuratan hasil simulasi dengan hasil pengukuran dinyatakan dalam persentase error yang dinyatakan dalam persamaan :

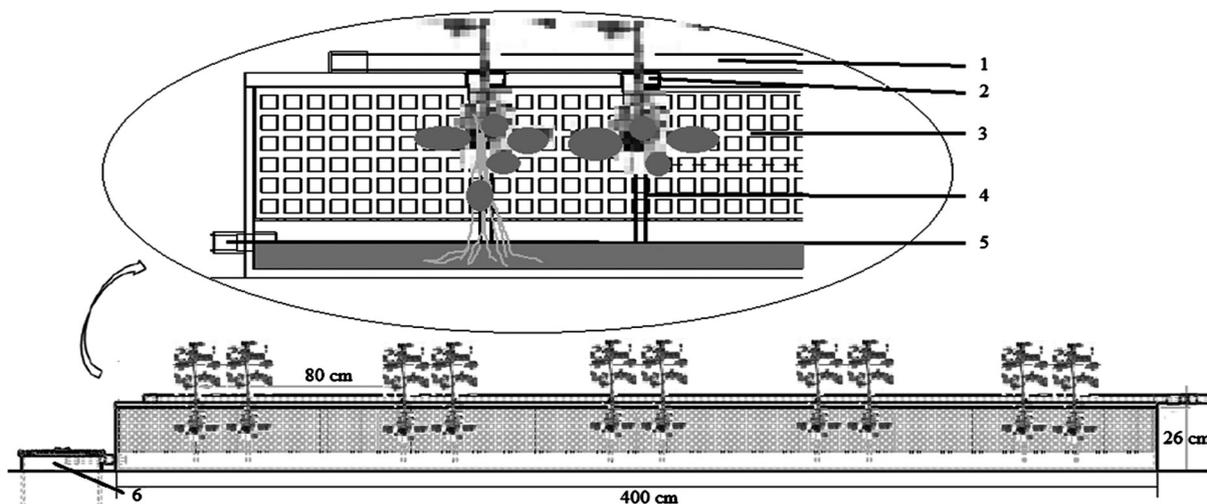
$$Error = \frac{|T_{simulasi} - T_{ukur}|}{T_{ukur}} \times 100\% \tag{1}$$

dimana $T_{simulasi}$ adalah suhu hasil simulasi (°C) dan T_{ukur} adalah suhu hasil pengukuran (°C).

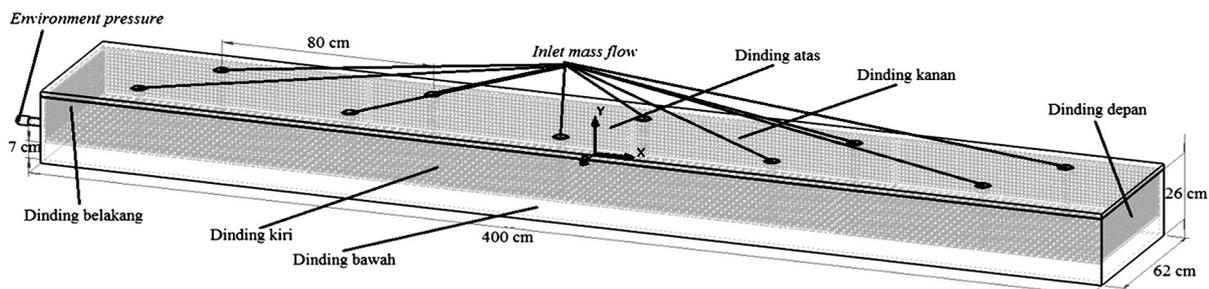
Teknik Budidaya dan Pengukuran

Budidaya kentang dilakukan pada sistem hidroponik yang dibangun. Umbi bibit kentang terlebih dahulu ditanam di polybag dengan media tanam arang sekam. Pada 8 hari setelah tanam (HST), tanaman kentang dipindahkan ke bedeng tanaman sistem hidroponik yang telah dibangun. Terdapat dua sistem hidroponik yang digunakan untuk dua nilai Daya Hantar Listrik (DHL) larutan nutrisi yang berbeda, yaitu 1.8 mS, dan 2.5 mS dengan pH larutan nutrisi 5.5 – 6.5. Larutan nutrisi yang digunakan adalah nutrisi AB Mix dengan perbandingan komposisi A:B adalah 1:1. Setiap hari nilai DHL larutan nutrisi dimonitor dan diukur secara manual. Apabila nilai DHL turun, maka larutan nutrisi ditambahkan larutan pekat hingga mencapai nilai DHL larutan nutrisi yang dikehendaki.

Pemeliharaan tanaman dilakukan untuk menjaga agar tanaman dapat tumbuh dengan baik.



Gambar 2. Bedeng tanaman : (1) pipa nutrisi, (2) rockwool, (3) keranjang, (4) sumbu, (5) pipa pembuangan, (6) ember penampung.



Gambar 3. Model geometri bedeng tanaman untuk simulasi CFD.

Tabel 1. *Input* kondisi awal dan kondisi batas.

Parameter	Fase Vegetatif		Fase Tuberisasi	
	Pagi	Siang	Pagi	Siang
Kondisi Awal				
Suhu lingkungan (°C)	16.3	26.9	16.4	28.5
Suhu larutan nutrisi (°C)	19.9	21.7	19.5	20.6
Tekanan udara (Pa)	101325	101325	101325	101325
Garvitasi (m/s ²)	9.81	9.81	9.81	9.81
Tanggal	24/06/2015	24/06/2015	5/08/2015	5/08/2015
Pukul (WIB)	06:00	12:00	06:00	12:00
Kondisi Batas				
<i>Inlet mass flow</i> (kg/s)	0.006	0.006	0.006	0.006
<i>Environment pressure</i> (Pa)	101325	101325	101325	101325
Suhu dinding depan (°C)	18.6	28.9	18.5	28
Suhu dinding belakang (°C)	17.5	28.9	17.5	30.5
Suhu dinding atas (°C)	20.0	29.4	19.4	28.6
Suhu dinding kanan (°C)	17.9	29.3	18.6	28.9
Suhu dinding kiri (°C)	18.3	28.9	18.5	27.6
Suhu dinding bawah (°C)	19.9	21.7	19.5	20.6
<i>Meshing</i>	3 (<i>default</i>)			

Pemeliharaan yang dilakukan adalah penyemprotan fungisida dan insektisida untuk mencegah dan mengurangi serangan patogen dan hama pada tanaman kentang. Pengamatan dan pengukuran dilakukan mulai dari awal penanaman sampai panen. Parameter yang diukur antara lain : suhu, radiasi matahari, kelembaban udara relatif, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah umbi, dan berat umbi. Pengukuran suhu, radiasi matahari, dan kelembaban udara relatif dilakukan pada saat fase vegetatif dan fase tuberisasi tanaman. Sementara tinggi tanaman dan jumlah daun diukur setiap satu minggu sekali mulai dari 8 HST sampai 57 HST karena sudah tidak terjadi pertambahan tinggi dan jumlah daun pada tanaman kentang. Sedangkan jumlah dan berat umbi diukur pada saat panen dilakukan, yaitu pada 76 HST.

Hasil dan Pembahasan

Iklm Mikro di dalam Rumah Tanaman

Kondisi iklim mikro di dalam rumah tanaman direpresentasikan dengan data hasil pengukuran suhu dan radiasi matahari pada saat fase vegetatif dan fase tuberisasi tanaman kentang. Pengukuran dilakukan pada tanggal 24 Juni 2015 (tanaman kentang berumur 14 HST) untuk fase vegetatif dan pada tanggal 5 Agustus 2015 (tanaman kentang berumur 56 HST) untuk fase tuberisasi. Suhu udara maksimum di dalam rumah tanaman pada saat fase vegetatif mencapai 28.6°C dan suhu minimum 16.3°C dengan rata-rata kelembaban udara relatif 69%. Sedangkan pada saat fase tuberisasi suhu maksimum mencapai 30.1°C dan suhu minimum 14.8°C dengan rata-rata kelembaban relatif 75%

(Gambar 4). Berdasarkan klasifikasi iklim Junghuhn, suhu udara pada daerah dengan ketinggian 600–1500 m dpl berkisar antara 17.1 – 22°C. Sehingga kondisi suhu di dalam rumah tanaman ini tergolong tinggi karena lokasinya yang berada di dataran tinggi dengan ketinggian sekitar 1200 m dpl.

Radiasi matahari maksimum yang masuk ke dalam rumah tanaman mencapai 351.77 W/m² pada saat fase vegetatif dan 498.88 W/m² pada saat fase tuberisasi. Radiasi matahari maksimum terjadi pada pukul 11:00, setelah itu terjadi penurunan radiasi matahari karena terhalang oleh awan (Gambar 4). Banyaknya awan yang terbentuk pada siang hari secara signifikan menurunkan radiasi matahari langsung yang masuk ke dalam rumah tanaman dan mencapai permukaan tanah. Peningkatan intensitas radiasi matahari pada pagi sampai siang hari juga meningkatkan suhu udara di dalam rumah tanaman secara signifikan. Namun, suhu udara masih tetap tinggi walaupun intensitas radiasi matahari menurun.

Suhu Daerah Perakaran Tanaman Kentang

Kondisi iklim mikro di dalam rumah tanaman mempengaruhi suhu di daerah perakaran tanaman. Suhu udara di dalam bedeng tanaman mengikuti pola suhu udara di dalam rumah tanaman. Peningkatan suhu udara di dalam bedeng tanaman terjadi mulai pukul 07:00 dan mencapai suhu maksimum pada suhu 29.8°C pada saat fase vegetatif dan 30.4°C pada saat fase tuberisasi. Sedangkan suhu air (larutan nutrisi) memiliki pola yang berbeda dengan suhu udara di dalam rumah tanaman. Suhu air terlihat relatif stabil pada pagi, siang dan malam hari, yaitu antara 19.3–23.3°C pada saat fase vegetatif dan 18.9–23.0°C pada saat fase tuberisasi

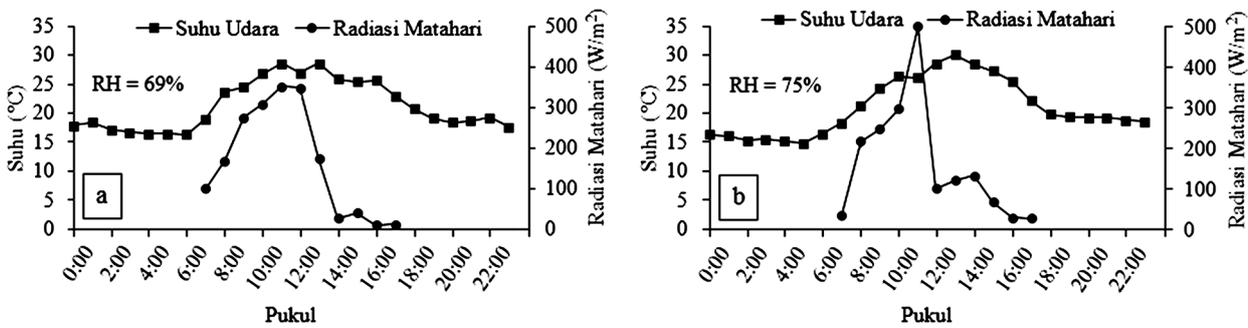
(Gambar 5). Kondisi ini menunjukkan bahwa suhu di daerah perakaran tanaman masih relatif tinggi bagi tanaman kentang. Tanaman kentang dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan dengan suhu rendah, yaitu 15 – 20°C. Sementara, cekaman suhu tinggi dapat menghambat perkembangan umbi dan umbi yang dihasilkan akan berbentuk abnormal (Sumartono & Sumarni 2013).

Simulasi Distribusi Suhu pada Bedeng Tanaman dengan CFD

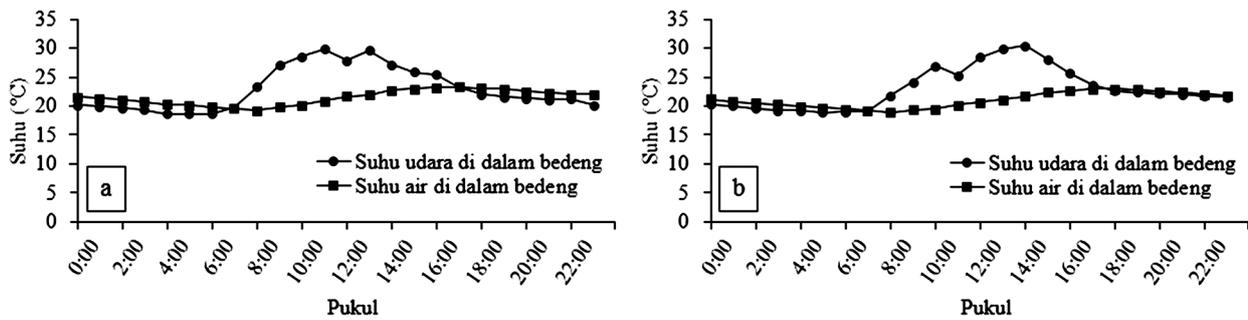
Jumlah *fluid cells* yang terbentuk pada proses simulasi CFD bedeng tanaman berjumlah 1,160,758 dengan *partial cells* berjumlah 1,318,794. Kondisi konvergen dicapai pada iterasi 1,110. Perbedaan nilai suhu pada bedeng tanaman hasil simulasi CFD digambarkan dengan gradasi warna yang berbeda. Nilai suhu terendah digambarkan dengan warna biru dan nilai suhu tertinggi dengan warna merah.

Keseragaman distribusi suhu pada bedeng

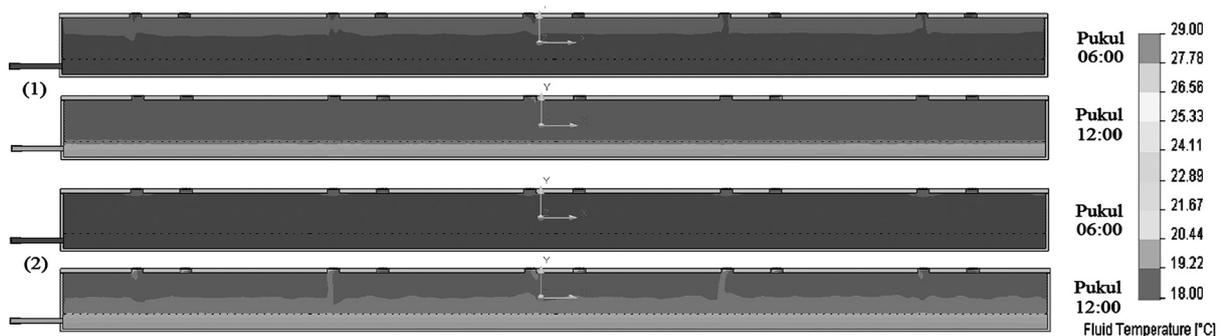
tanaman dapat dilihat dari pola kontur suhu yang disajikan secara tampak samping (Gambar 6). Hasil simulasi distribusi suhu pada bedeng tanaman dengan CFD menunjukkan perbedaan yang signifikan pada suhu daerah perakaran tanaman pada pagi dan siang hari. Rata-rata suhu udara hasil simulasi di dalam bedeng tanaman sebesar 19°C dan rata-rata suhu air (larutan nutrisi) hasil simulasi sebesar 19.69°C pada pagi hari. Sedangkan rata-rata suhu udara mencapai 28.34°C dan rata-rata suhu air (larutan nutrisi) sebesar 21.18°C pada siang hari. Suhu udara di daerah perakaran tanaman tidak jauh berbeda dengan suhu larutan nutrisi pada pagi hari. Namun, suhu udara menjadi lebih tinggi pada siang hari. Hal ini terjadi karena Cp udara (1.012 kJ/kg.K) lebih rendah dibandingkan Cp air (4.182 kJ/kg.K) sehingga suhu udara akan lebih cepat meningkat pada siang hari. Hasil simulasi CFD ini menunjukkan perlunya dilakukan modifikasi atau perlakuan pendinginan terbatas (*zone cooling*)



Gambar 4. Suhu udara dan radiasi matahari di dalam rumah tanaman: (a) fase vegetatif dan (b) fase tuberisasi.



Gambar 5. Suhu pada daerah perakaran tanaman kentang: (a) fase vegetatif dan (b) fase tuberisasi.



Gambar 6. Distribusi suhu pada bedeng tanaman hasil simulasi tampak samping: (1) fase vegetatif dan (2) fase tuberisasi.

Tabel 2. Rata-rata jumlah dan berat umbi per tanaman.

Perlakuan DHL	Jumlah Umbi per Tanaman	Berat Umbi per Tanaman (g)
1.8 mS	4.3 ±1.1	77.2 ±22.8
2.5 mS	4.6 ±0.8	60.0 ±15.6

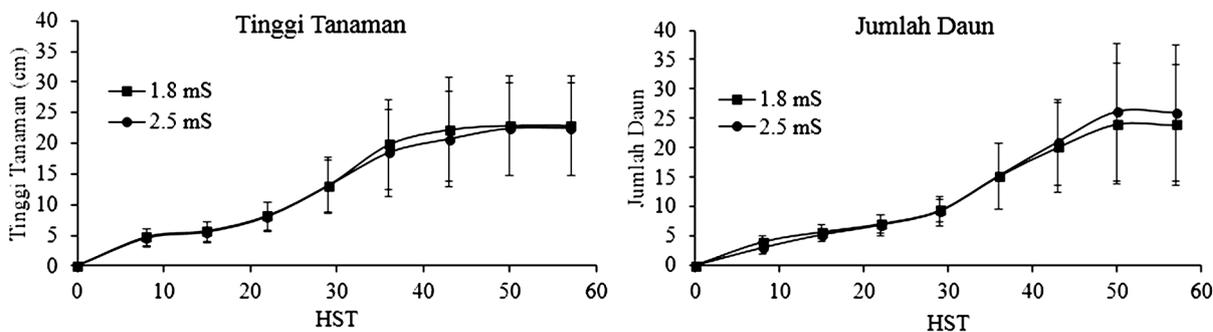
pada bedeng tanaman sistem hidroponik agar dapat memberikan kondisi suhu perakaran yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kentang. Menurut Choerunnisa & Suhardiyanto (2015), pendinginan terbatas lebih efisien dilakukan daripada melakukan pengendalian suhu di dalam rumah tanaman yang membutuhkan energi yang sangat besar. Pendinginan terbatas hanya dilakukan pada daerah sekitar tanaman yang membutuhkan, seperti daerah perakaran tanaman.

Akurasi hasil simulasi CFD yang dilakukan dapat diketahui dengan melakukan validasi terhadap nilai suhu hasil simulasi dan hasil pengukuran di dalam bedeng tanaman. Analisis regresi dari perbandingan antara suhu hasil simulasi dan pengukuran menghasilkan persamaan linear dengan gradien 0.9978 dan intersep 0.165 dengan nilai R² sebesar 0.9837 (Gambar 7). Nilai rata-rata error yang diperoleh dari simulasi CFD terhadap distribusi suhu di dalam bedeng tanaman adalah sebesar 1.8%. Hal tersebut menunjukkan bahwa simulasi CFD mampu menggambarkan distribusi suhu di dalam bedeng tanaman secara akurat.

Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang

Tanaman kentang yang ditanam pada sistem hidroponik yang dibangun dapat tumbuh dengan baik dan mampu menghasilkan umbi. Namun, kondisi suhu daerah perakaran yang tinggi menyebabkan pertumbuhan dan hasil tanaman kentang menjadi tidak maksimal. Menurut Sumartono & Sumarni (2013), suhu tinggi, keadaan berawan, dan kelembaban udara yang rendah akan menghambat pertumbuhan, pembentukan umbi, dan perkembangan bunga. Tinggi tanaman dan jumlah daun merupakan parameter yang menjadi indikator pertumbuhan vegetatif tanaman. Pertumbuhan vegetatif tanaman tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara tanaman yang ditanam dengan DHL larutan nutrisi 1.8 mS maupun 2.5 mS (Gambar 8).

Tanaman kentang dipanen pada 76 HST, yaitu setelah sebagian besar tanaman mati. Penanaman secara hidroponik dengan DHL larutan nutrisi 1.8 mS menghasilkan rata-rata 4.3 umbi per tanaman dengan rata-rata berat umbi 77.2 g per tanaman. Sedangkan tanaman yang ditanam dengan DHL larutan nutrisi 2.5 mS menghasilkan rata-rata 4.6



Gambar 8. Rata-rata tinggi dan jumlah daun pada tanaman kentang.



Gambar 9. Umbi kentang yang terbentuk pada penanaman secara hidroponik dengan perlakuan nilaiDHL larutan nutrisi 1.8 mS (kiri) dan 2.5 mS (kanan).

umbi per tanaman dengan rata-rata berat umbi 60.0 g per tanaman (Tabel 2). Dari hasil tersebut terlihat bahwa tanaman kentang yang ditanam pada DHL larutan nutrisi 1.8 mS menghasilkan berat umbi per tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam pada DHL larutan nutrisi 2.5 mS.

Tanaman kentang mampu menghasilkan umbi meskipun suhu daerah perakaran pada bedeng tanaman mencapai 30.4°C pada fase tuberisasi. Sumartono & Sumarni (2013) menyatakan bahwa suhu yang tinggi, terutama pada malam hari menyebabkan pertumbuhan lebih banyak terjadi pada bagian tanaman di atas tanah daripada dibagian bawah tanah sehingga tanaman kentang menghasilkan umbi dalam jumlah yang sedikit. Dalam penelitian Sumarni et al. (2013b), tanaman kentang kultivar Granola yang ditanam secara aeroponik dengan perlakuan *zone cooling* pada suhu 20°C dan DHL larutan nutrisi 2.5 mS pada fase tuberisasi hanya mampu menghasilkan rata-rata 1.33 umbi per tanaman dengan rata-rata berat umbi 66.5 mg per tanaman. Sementara, Molders et al. (2012) menanam kentang kultivar Anabelle secara hidroponik dengan sistem NFT pada suhu lingkungan 20°C dan DHL larutan nutrisi 1.8 mS mampu menghasilkan rata-rata jumlah umbi 10.8 umbi per tanaman dan rata-rata berat umbi 75 g per tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa sistem hidroponik yang dibangun sudah dapat digunakan untuk budidaya tanaman kentang meskipun suhu lingkungan dan suhu daerah perakaran tanaman masih tergolong tinggi bagi tanaman kentang.

Simpulan

1. Sistem hidroponik yang dibangun dapat digunakan untuk budidaya tanaman kentang.
2. Suhu daerah perakaran tanaman pada sistem hidroponik yang dibangun masih tergolong tinggi bagi tanaman kentang karena mengikuti pola suhu udara di dalam rumah tanaman meskipun berada di dataran tinggi dengan ketinggian 1200 m dpl.
3. Simulasi CFD mampu menggambarkan distribusi suhu pada bedeng tanaman sistem hidroponik secara akurat dengan nilai R^2 sebesar 0.9837 dan rerata error sebesar 1.8%.
4. Tanaman kentang yang ditanam pada sistem hidroponik yang dibangun dapat tumbuh dengan baik dan mampu menghasilkan umbi pada suhu daerah perakaran yang lebih tinggi dari 20°C, yaitu mencapai 30.4°C.

Daftar Pustaka

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. Statistik Indonesia 2015. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- Choerunnisa, N. dan H. Suhardiyanto. 2015. Analisis pindah panas pada pipa utama sistem hidroponik dengan pendinginan larutan nutrisi. *Jurnal Keteknik Pertanian* 3(1): 1 – 8.
- Dianawati, M. 2013. Produksi benih umbi mini kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara aeroponik dengan induksi pengumbian. (Disertasi). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Henny, H., K. Murti Laksono, N. Sinukaban dan S.D. Tarigan. 2011. Erosi dan kehilangan hara pada pertanaman kentang dengan beberapa sistem guludan pada andisol di hulu DAS Merao, Kabupaten Kerinci, Jambi. *J. Solum* 8(2): 43–52.
- Kusmantoro, E.S. 2010. Usahatani kentang dengan teknik konservasi teras bangku di dataran tinggi Dieng Kabupaten Wonosobo Jawa Tengah. *Jurnal Pembangunan Pedesaan* 10(2): 115–127.
- Molders, K., M. Quinet, J. Decat, B. Secco, E. Duliere, S. Pieters, T. van der Kooij, S. Lutts dan D. van der Straeten. 2012. Selection and hydroponic growth of potato for bioregenerative life support systems. *Advances in Space Research* 50: 156–165.
- [Pusdatin] Pusat Data dan Sistem Infomasi Pertanian. 2013. Buletin Konsumsi Pangan. *Pusat Data dan Sistem Infomasi Pertanian* 4(1): 16–24.
- Sumarni, E., H. Suhardiyanto, K.B. Seminar dan S.K. Saptomo. 2013a. Temperature distribution in aeroponics system with root zone cooling for the production of potato seed in tropical lowland. *International Journal of Scientific and Engineering Research* 4(6): 799–804.
- Sumarni, E., H. Suhardiyanto, K.B. Seminar dan S.K. Saptomo. 2013b. Pendinginan zona perakaran (*root zone cooling*) pada produksi benih kentang menggunakan sistem aeroponik. *Jurnal Agronomi Indonesia* 41(2): 154–159.
- Sumartono, G.H. dan E. Sumarni. 2013. Pengaruh suhu media tanam terhadap pertumbuhan vegetatif kentang hidroponik di dataran medium tropika basah. *Agronomika* 13(1).