

PENENTUAN WAKTU PENGGUNAAN WATER CHILLER PADA TANAMAN KENTANG BERDASARKAN SEBARAN SUHU DAERAH PERAKARAN
Determining of Water Chiller Usage Time on Potato Crop Based on Distribution Temperature of Root Zone

Drupadi Ciptaningtyas¹⁾, Zaqlul Iqbal²⁾, dan Herry Suhardiyanto³⁾

¹⁾Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, 453600, Sumedang

²⁾Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawidjaya, 65145, Malang

³⁾Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, PO Box 220, Bogor

ABSTRAK

Perbedaan suhu lingkungan sekitar 7°C, antara dataran rendah dan dataran tinggi adalah salah satu kendala untuk menanam tanaman dataran tinggi di dataran rendah. Oleh sebab itu, banyak metode digunakan untuk menyesuaikan kondisi tersebut, salah satunya adalah aplikasi *water chiller* untuk menurunkan suhu larutan nutrisi. Hingga saat ini aplikasi *water chiller* belum optimum, karena umumnya *water chiller* dibiarkan bekerja sepanjang hari selama 24 jam, tanpa mempertimbangkan kondisi lingkungan mikro tanaman yang sebenarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan *water chiller* pada tanaman kentang yang ditanam di dataran rendah, dengan menentukan waktu penggunaan *water chiller* berdasarkan sebaran suhu media tanam yang disimulasikan dengan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Penelitian dimulai dengan membuat simulasi CFD oleh bantuan *software Solidworks* 2011 yang terdiri dari tahap *pre-processing*, *solving*, dan *post-processing*. Hasil penelitian menunjukkan, *water chiller* untuk tanaman kentang hanya perlu diaktifkan dari pukul 08.00 hingga pukul 17.00, karena hanya pada rentang waktu tersebut suhu daerah perakaran melebihi suhu optimum pertumbuhan tanaman kentang.

Kata kunci: arang sekam, simulasi fluida, CFD, tanaman kentang, sebaran suhu

ABSTRACT

The difference of lowland and upland ambient temperature, around 7°C, is an obstacle to plant highland crop in the lowlands. Therefore, many methods were applied to adjust this condition, for example the application of water chiller to decrease the temperature of nutrient solution. However, until now the application of water chiller has not been optimum, because generally water chiller work all day for 24 hours, without considering the actual microenvironment of the plant. This study aims to optimize the application of water chiller for potato crops that usually plant in lowland, by determining the time of use of water chiller based on the distribution temperature of root zone that was simulated by Computational Fluid Dynamic (CFD). This research begins with making a CFD simulation by Solidworks 2011 software, consisting of pre-processing, solving, and post-processing stages. The results show that water chiller for potato plants only needs to be activated from 08.00 to 17.00 o'clock, because only around that time the temperature of the root area exceeds the optimum temperature for the potato crop growth.

Keywords: rice husk char, fluid simulation, CFD, potato plant, temperature distribution

Diterima : 10 Februari 2017; Disetujui : 20 Maret 2017; Online Published : 25 Juli 2017

DOI : 10.24198/jt.vol11n1.10

PENDAHULUAN

Kentang merupakan salah satu tanaman dataran tinggi yang kini banyak dibudidayakan di dataran rendah, karena semakin terbatasnya lahan pertanian di dataran tinggi. Terdapat beberapa kendala untuk menanam tanaman dataran tinggi di dataran rendah, salah satunya adalah perbedaan suhu lingkungan yang signifikan. Menurut Setiadi *et al.* (1993), suhu lingkungan dataran rendah di Indonesia adalah 24°C-34°C, sedangkan suhu lingkungan tinggi berkisar 15-20°C. Hal ini menjadi masalah untuk budidaya tanaman kentang, karena suhu lingkungan optimal bagi tanaman kentang adalah 15°C-30°C. Suhu lingkungan yang terlalu tinggi akan mempengaruhi pertumbuhan fisiologis tanaman kentang, yang akan berpengaruh terhadap produktifitas umbi kentang.

Kondisi *greenhouse* yang memiliki sistem tertutup sangat mendukung upaya rekayasa suhu lingkungan tanaman. Sistem tertutup yang dimiliki oleh *greenhouse* akan mempermudah proses pengontrolan kondisi lingkungan mikro sesuai dengan yang diharapkan. Namun, meskipun *greenhouse* di Indonesia sudah didesain sesuai dengan kondisi iklim tropis, efek *greenhouse* sebagai pemanen radiasi matahari tetaplah ada. Oleh sebab itu, suhu udara di dalam *greenhouse* tropis tetap lebih tinggi dari pada suhu udara lingkungan di luar *greenhouse*. Hal ini dapat memperburuk kondisi tanaman kentang yang ditanaman di dataran rendah di dalam *greenhouse*.

Aplikasi *evaporative cooling* dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini. *Evaporative cooling* dapat menurunkan suhu udara di seluruh *greenhouse* serta seluruh bagian tanaman. Meskipun demikian, ternyata tidak seluruh bagian tanaman perlu berada dalam kondisi suhu rendah, hanya bagian daun dan perakaran saja yang perlu berada pada kondisi suhu rendah. Menurut Suhardiyanto (2009), *zone cooling* atau pendinginan terbatas merupakan salah satu cara yang paling efektif dan efisien untuk menyelesaikan permasalahan ini dengan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mendinginkan seluruh bagian tanaman. *Water*

chiller atau pendingin air merupakan suatu alat yang digunakan untuk merekayasa lingkungan mikro pada tanaman, yaitu suhu akar, dengan cara mendinginkan larutan nutrisi yang akan dialirkan ke daerah perakaran.

Tujuan dari rekayasa lingkungan mikro adalah optimasi parameter lingkungan tanaman, efektifitas penggunaan campuran larutan nutrisi, dan efisiensi penggunaan energi, namun penggunaan *water chiller*, khususnya di Indonesia, belum memenuhi bagian ke tiga dari tujuan rekayasa lingkungan mikro tersebut. Selama ini, *water chiller* dibiarkan beroperasi sepanjang waktu selama tanaman berada di dalam *greenhouse* baik siang maupun malam, meskipun tidak selamanya suhu daerah perakaran tanaman yang tumbuh di dalam *greenhouse* tinggi. Hal ini berdampak pada efisiensi penggunaan energi listrik.

Penentuan waktu penggunaan *water chiller* dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi serta biaya. Oleh sebab itu, dibuatlah simulasi sebaran suhu media tanam arang sekam di dalam *greenhouse* untuk melihat kondisi daerah perakaran tanaman dari waktu ke waktu. Sehingga waktu yang tepat untuk mengoperasikan *water chiller* dapat direkomendasikan. Simulasi yang dipilih adalah *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Menurut Tuakia (2008), CFD adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika (model matematika). CFD mampu memprediksi aliran berdasarkan model matematika (persamaan diferensial parsial), metode numerik (teknik solusi dan diskritisasi) dan tools perangkat lunak (*solves, pre-processing, dan post-processing*).

Secara garis besar penggunaan CFD meliputi konsep dari desain baru, pengembangan produk secara detail, analisis kegagalan, dan desain ulang. Kompleksitas dan realisme pendekatan komputasi terbaru memerlukan kalibrasi model digital yang hati-hati agar mendapatkan alat yang andal untuk menyiapkan dan melaksanakan simulasi (Benni *et al.* 2017). Selain itu, menurut Chen *et al.* (2014), metode CFD dapat memperkirakan distribusi

kecepatan dan suhu udara di rumah kaca secara rasional dan efektif, oleh sebab itu metode simulasi dengan CFD dipilih. Dalam simulasi ini arang sekam dan *polybag* dipilih karena arang sekam dan *polybag* merupakan salah satu media tanam dan tempat media tanam, untuk sistem hidroponik, yang paling umum digunakan di Indonesia.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan waktu penggunaan *water chiller* sebagai pendingin larutan nutrisi pada tanaman kentang yang ditanam di dataran rendah, berdasarkan simulasi daerah perakaran dengan *Computational Fluid Dynamic*.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama, yaitu pengukuran suhu lingkungan di dalam *greenhouse* dan suhu media tanam arang sekam, dilakukan di laboratorium Lapangan Siswadi Suparjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Pengambilan data ini dilakukan selama tiga hari, pada 21 Maret 2011 hingga 31 Mei 2011. Penelitian tahap kedua yaitu pembuatan simulasi menggunakan Software Solid Work, dilakukan pada 18 Februari – 10 Maret 2017.

Alat dan Bahan

Thermocouple dan *hybrid recorder* digunakan sebagai alat ukur suhu udara, suhu lantai, dan suhu media tanam arang sekam yang diamati. *Persolan Computer* dan *Software Solidworks 2011* digunakan untuk mensimulasikan

sebaran suhu media tanam arang sekam di dalam *polybag*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang sekam *polybag* dengan dua dimensi berbeda.

Metode Penelitian

a. Sifat thermo-fisik arang sekam

Sifat thermo-fisik arang sekam dibutuhkan untuk mendefinisikan kondisi arang sekam yang akan disimulasikan. Pengukuran sifat thermo-fisik telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Sifat thermo-fisik arang sekam yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat thermo-fisik arang sekam (Ciptaningtyas dan Suhardiyanto, 2016)

No	Sifat thermo-fisik	Nilai	Satuan
1	Porositas	460000	%
2	Densitas	1 532 400	Kg/m ³
3	Panas jenis	79 320 000	J/kgK
4	Konduktifitas termal	0,0719	W/mK

b. Perlakuan penelitian

Terdapat dua ukuran *polybag* yang digunakan pada penelitian ini. Kedua *polybag* tersebut berisi arang sekam yang sama. Simulasi sebaran suhu media tanam arang sekam akan dilakukan di dalam dua *polybag* dengan dua dimensi berbeda tersebut, agar diketahui pengaruh dimensi terhadap hasil simulasi sebaran suhu. Dimensi ukuran *polybag* ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi *polybag* yang digunakan dalam penelitian

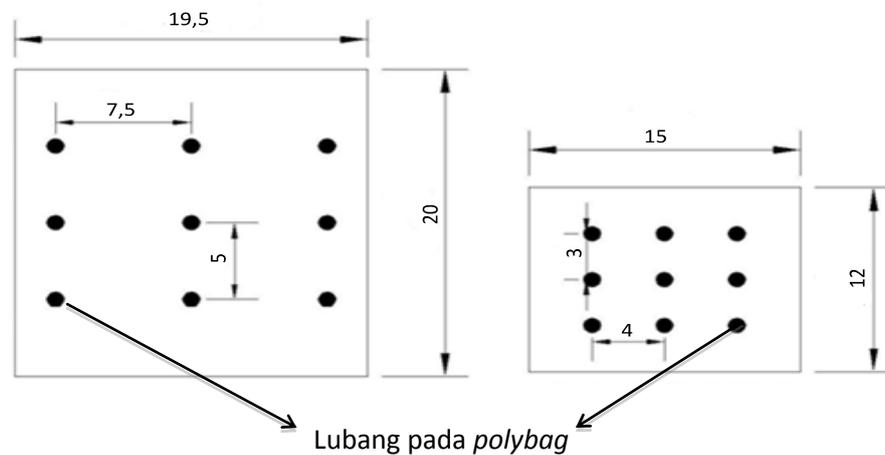
Nama <i>polybag</i>	Ukuran standar <i>polybag</i> (keadaan terlipat)	Jumlah lubang	Diameter lubang (cm)	Ukuran <i>polybag</i> setelah diisi arang sekam		
				Diameter (cm)	Tinggi <i>polybag</i> (cm)	Tinggi arang sekam (cm)
A	30 x 30 x 0,07 mm	28	0,7	19,5	21	20
B	20 x 20 x 0,07 mm	12	0,7	15	18	12

c. Pengukuran

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah, suhu udara di dalam *greenhouse*, suhu lantai di dalam *greenhouse*, suhu dinding *polybag* terisi arang sekam, dan suhu 9 titik di dalam masing-masing dimensi *polybag* berisi arang sekam. Pengukuran suhu-suhu tersebut dilakukan selama 3 hari setiap 1 jam. Selanjutnya, akan dipilih 24 jam kondisi fine day untuk disimulasikan. Lain halnya dengan pengukuran suhu 9 titik di dalam masing-masing *polybag* berisi arang sekam. Pengukuran ini hanya dilakukan ditiga waktu saja, yaitu pukul 09.20, 12.20, dan 17.20. Pada penelitian pengukuran dan simulasi suhu di dalam

media tanam arang sekam dilakukan dalam kondisi arang sekam kering, sehingga tidak ada sistem irigasi yang digunakan.

Suhu udara di dalam *greenhouse*, suhu lantai di dalam *greenhouse*, dan suhu dinding *polybag* berisi arang sekam digunakan sebagai input untuk mendefinisikan kondisi arang sekam di dalam *polybag*. Suhu 9 titik di dalam masing-masing ukuran *polybag* berisi arang sekam digunakan untuk validasi hasil simulasi yang dibuat. Skema pengukuran 9 titik di dalam *polybag* A dan B berisi arang sekam, ditampilkan pada Gambar 1. Skema tersebut disesuaikan dengan penelitian Sapei (2008) mengenai sebaran air di dalam arang sekam.



Gambar 1. Skema titik pengukuran suhu arang sekam di dalam *polybag* (tampak depan). (a) *Polybag* A, (b) *Polybag* B

d. Simulasi dengan CFD

Computational Fluid Dynamic (CFD) digunakan untuk mensimulasikan kondisi sebaran suhu media tanam arang sekam di dalam *polybag* dengan bantuan *software* Solidworks 2011. Pada *software* tersebut telah tersedia persamaan pindah panas yang digunakan sebagai dasar simulasi sebaran suhu. Di dalam CFD, terdapat tiga tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dalam melakukan pemrosesan (Versteeg dan Malalasekera, 1995).

1 Pra-pemrosesan (*pre-processing*)

Pada tahap ini, dilakukan pendefinisian masalah yang meliputi:

a. Membentuk geometri (*computational domain*), pada penelitian ini *computational*

domain ditetapkan sebesar 0.5 m dari posisi *polybag* ke arah depan, kanan, kiri, atas, dan sebesar 0.1 m ke dasar lantai.

- b. Membentuk geometri menjadi sejumlah bagian yang lebih kecil (*grid*) sebanyak 650 fluid cell dan 306 partial cell yang di-iterasi sebanyak 40 kali.
- c. Mendefinisikan fenomena-fenomena yang terjadi, mendefinisikan karakteristik fluida, dan mendefinisikan kondisi batas (*boundary condition*) pada model geometri.

2 Pencarian solusi (*solving*)

Pada tahap ini, seluruh kondisi pra pemrosesan telah terpenuhi. Pencarian solusi dilakukan dengan *finite volume* yang merupakan perkembangan dari *finite difference*. *Finite volume* didasarkan pada

algoritma numerik dimana dilakukan pembangunan persamaan berdasarkan integrasi variable-variabel secara keseluruhan.

Pada penelitian ini, material *polybag* didefinisikan sebagai solid material, lantai *greenhouse* didefinisikan sebagai *Real Wall* pada pada kondisi batas, dan arang sekam di dalam *polybag* didefinisikan sebagai *Porous Medium* (media berpori).

3 Pasca pemrosesan (post-processing)

Tahapan pasca pemrosesan merupakan tahapan terakhir dalam proses CFD dan bertujuan untuk menyajikan hasil dari analisis fluida. Hasil analisis didasarkan pada visualisasi warna. Pada penelitian ini akan ditampilkan hasil pemrosesan dalam bentuk hasil dari geometri dan plot berdasarkan kontur suhu. Visualisasi ini bertujuan untuk mempermudah pemahaman solusi yang dihasilkan oleh CFD.

e. Asumsi yang digunakan dalam pembuatan simulasi

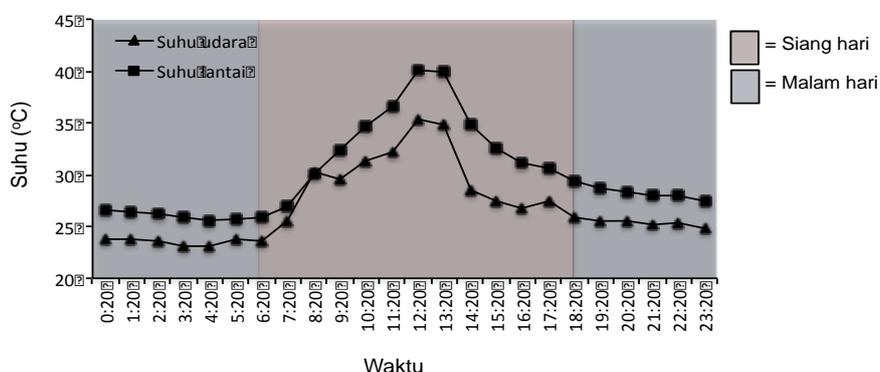
- 1 Nilai temperatur leleh arang sekam diasumsikan 1000°C karena penelitian dilakukan jauh dibawah suhu yang memungkinkan arang sekam meleleh, maka hal ini tidak akan berpengaruh pada proses iterasi.
- 2 Tidak ada pengaruh angin, karena kondisi *greenhouse* yang digunakan selama pengambilan data memiliki dinding beton setinggi 60 cm dari lantai. Kondisi ini menyebabkan pengaruh angin pada *polybag* yang diletakkan di atas lantai sangat kecil bahkan nyaris tidak ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan di dalam Greenhouse

Kondisi lingkungan di dalam *greenhouse* sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman terutama suhu lingkungan. Menurut Manohar dan Igathinathane (2007) setiap tanaman memiliki area suhu optimum untuk pertumbuhan agar tanaman tersebut tumbuh dengan baik. Bila tanaman tumbuh jauh dibawah suhu optimumnya, proses kehidupan tanaman dapat berhenti, karena pembentukan es dalam jaringan akan mengikat air dan ada kemungkinan sel-sel lain tertusuk oleh kristal es. Disisi lain, bila tanaman tumbuh di suhu yang lebih tinggi dari suhu optimumnya, aktifitas enzim akan terhenti dan menjadi tidak aktif, padahal keberadaan enzim sangat penting dalam kehidupan tanaman (Manohar dan Igathinathane, 2007). Efek rumah kaca yang terjadi di dalam *greenhouse* membuat suhu udara dan suhu lantai menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi lingkungan di luar *greenhouse*. Gambar 2 menunjukkan kondisi lingkungan di dalam *greenhouse* saat fine day.

Gambar 2 menunjukkan kondisi lingkungan di dalam *greenhouse* tidak dapat menunjang pertumbuhan tanaman kentang. Pada siang hari, suhu udara di dalam *greenhouse* berkisar $24-35^{\circ}\text{C}$ dan suhu lantai berkisar $26-39^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada malam hari suhu udara di dalam *greenhouse* berkisar $23-26^{\circ}\text{C}$ dan suhu lantai berkisar $26-27^{\circ}\text{C}$. Kondisi ini jauh dari kondisi lingkungan optimum pertumbuhan tanaman kentang, yaitu $15^{\circ}\text{C}-30^{\circ}\text{C}$ (Setiadi *et al.* 1993).



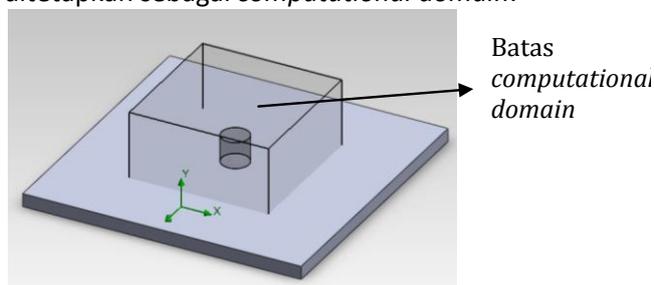
Gambar 2. Kondisi lingkungan di dalam *greenhouse*

Suhu lantai berpengaruh besar terhadap sebaran suhu daerah perakaran, karena terjadi pindah panas dari lantai ke media tanam dalam *polybag*, bila tanaman diletakkan langsung diatas lantai. Oleh sebab itu, pendingin larutan nutrisi dibutuhkan untuk menjaga agar suhu daerah perakaran tanaman kentang yang ditanam di dalam *greenhouse* berada pada kondisi lingkungan yang optimal.

Pre-processing

Pembuatan simulasi dimulai dengan penggambaran geometri. Terdapat tiga geometri yang perlu digambarkan dalam simulasi ini. Geometri pertama adalah *polybag* terisi, berbentuk tabung kosong terbuka dengan beberapa lubang udara, sesuai dengan dimensi pada Tabel 2. Geometri kedua adalah arang sekam di dalam *polybag* yang berbentuk tabung pejal sesuai dengan dimensi pada Tabel 2. Geometri ketiga adalah lantai *greenhouse* dengan bentuk balok pipih.

Selanjutnya adalah menentukan *computational domain* atau batasan area yang akan disimulasikan. Perhitungan pindah panas hanya dilakukan pada daerah di dalam *computational domain* saja. Oleh sebab itu, penting untuk menentukan *computational domain* agar iterasi pada simulasi tidak terlalu banyak, sehingga tidak membutuhkan waktu yang terlalu panjang. Pada penelitian ini, 0.5 m dari tengah *polybag* ke arah utara, selatan, timur, dan barat serta 0.5 m ke arah atas, dan 0.1 m ke arah bawah ditetapkan sebagai *computational domain*.



Gambar 3. Area *computational domain* pada simulasi

Solving

Setelah geometri seluruh unsur terbentuk dan tersusun serta *computational domain* ditentukan, masing-masing unsur geometri

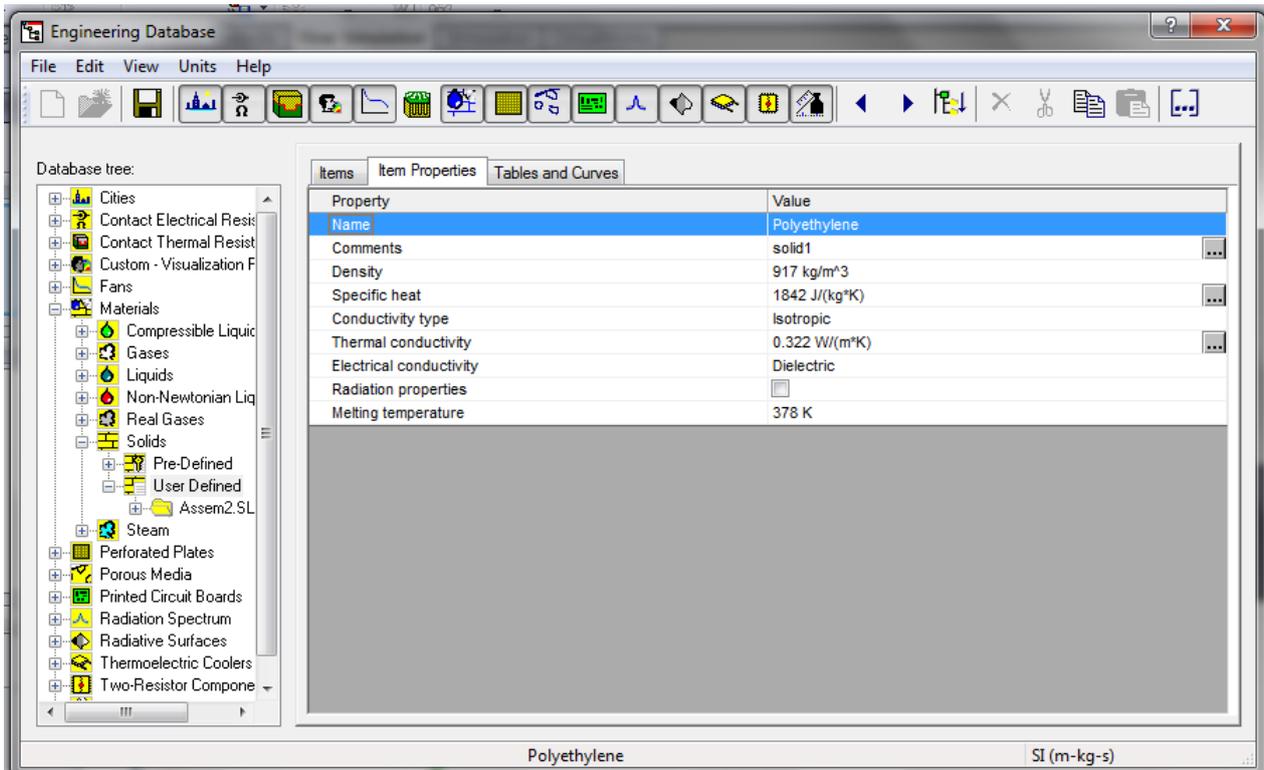
didefinisikan sesuai dengan karakteristik thermostiknya. Material *polybag* didefinisikan sebagai *solid material* dengan konfigurasi *item properties* seperti ditampilkan pada Gambar 4. Lantai *greenhouse* didefinisikan sebagai *Real Wall* pada pada kondisi batas, dan arang sekam di dalam *polybag* didefinisikan sebagai *Porous Medium* (media berpori) dengan konfigurasi *item properties* seperti ditampilkan pada Gambar 5.

Pada simulasi ini, *mesh* yang digunakan adalah pada tingkat tiga. *Software Solidworks* melakukan proses perhitungan pada setiap bagian yang disebut dengan *mesh*. Terdapat delapan tingkatan *mesh* dimana, semakin tinggi tingkatan *mesh* yang digunakan maka akan semakin detail perhitungan yang dilakukan, karena bagian yang dihitung akan semakin kecil. Pada pembuatan simulasi ini, dipilih *mesh* tingkat tiga, karena tingkatan tersebut dianggap paling optimal. *Mesh* tingkat dua tidak dipilih karena kontur hasil simulasi tidak begitu halus, sedangkan *mesh* tingkat empat tidak dipilih karena memori *computer* yang tidak mendukung. *Mesh* harus dibuat untuk hasil yang lebih baik dan akurat. Semakin akurat pembuatan *mesh*, semakin baik solusinya (Cemek *et al.* 2017).

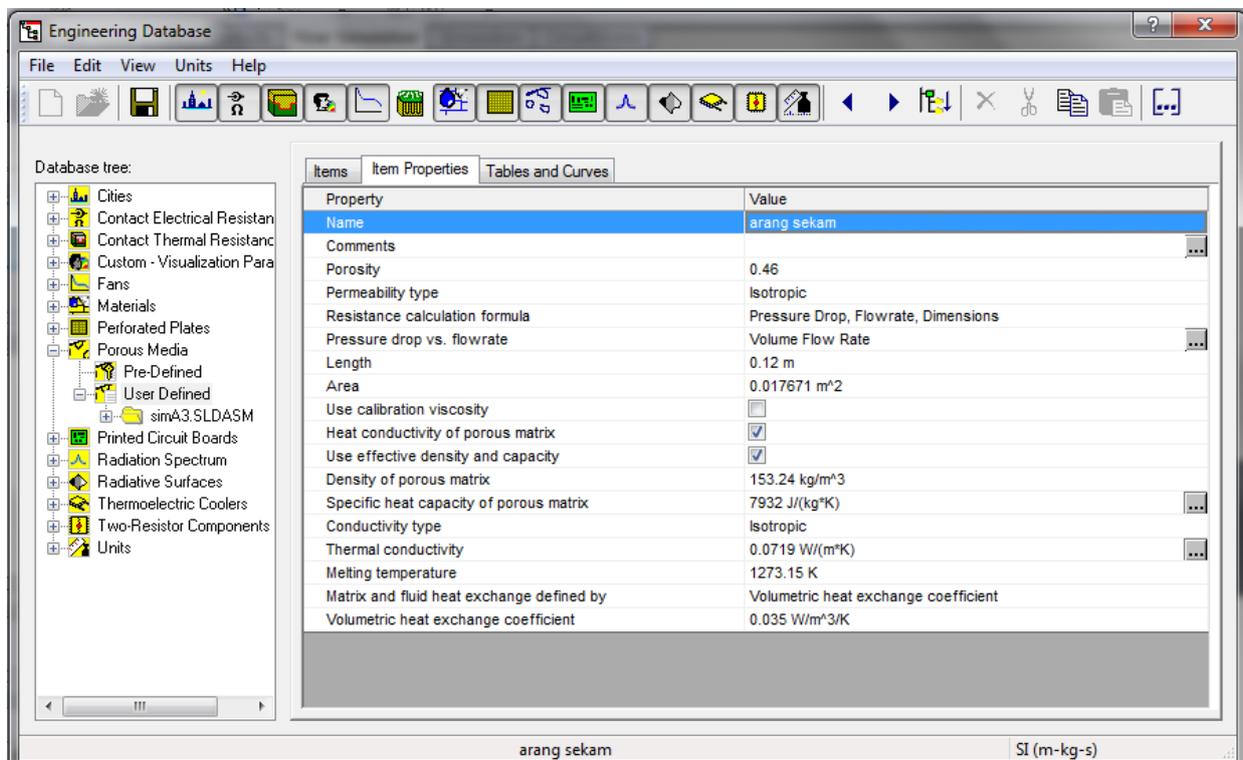
Post-processing

Gambar 6 menyajikan sebaran suhu media tanam arang sekam di dalam *polybag* A dan B pada pukul 09.20. Input yang digunakan dalam simulasi tersebut adalah 29.5°C untuk suhu udara dan 32.3°C untuk suhu lantai. Gambar 7 menyajikan sebaran suhu media tanam arang sekam di dalam *polybag* A dan B pada pukul 12.20. Input yang digunakan dalam simulasi tersebut adalah 35.4°C untuk suhu udara dan 40.1°C untuk suhu lantai. Gambar 8 menyajikan sebaran suhu media tanam arang sekam di dalam *polybag* A dan B pada pukul 17.20. Input yang digunakan dalam simulasi tersebut adalah 27.4°C untuk suhu udara dan 30.6°C untuk suhu lantai.

Dari keenam simulasi tersebut, dapat dilihat bahwa baik pada *polybag* A maupun *polybag* B, sebaran suhu media tanam arang sekam bagian atas tumpukan akan lebih rendah dibandingkan dengan suhu media tanam arang sekam dibagian bawah. Selain itu, dapat dilihat bahwa rata-rata suhu media tanam arang sekam pada *polybag* B selalu lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata suhu media tanam arang sekam pada *polybag* A.



Gambar 4. Item properties dalam pendefinisian polybag sebagai polyethylene



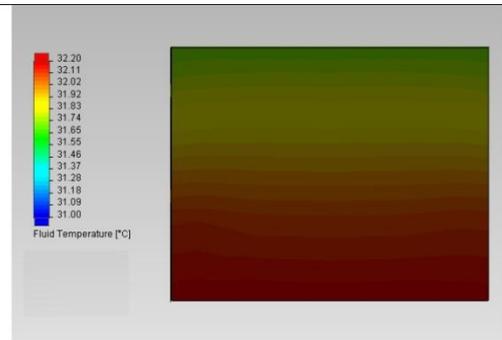
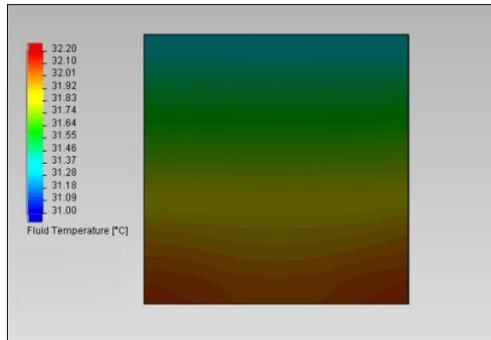
Gambar 5. Item properties dalam pendefinisian arang sekam sebagai media berporus

$T_{udara} = 29.5^{\circ}C$
 $T_{lantai} = 32.3^{\circ}C$

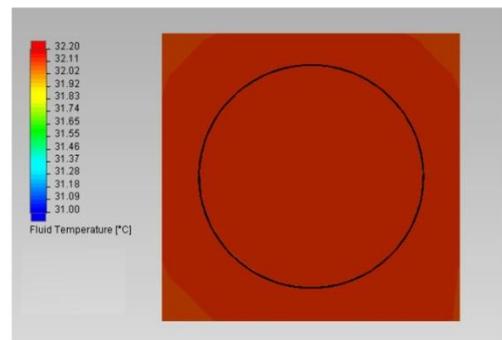
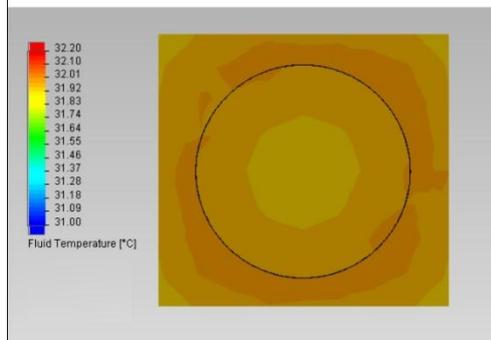
Arang sekam dalam *polybag* A

Arang sekam dalam *polybag* B

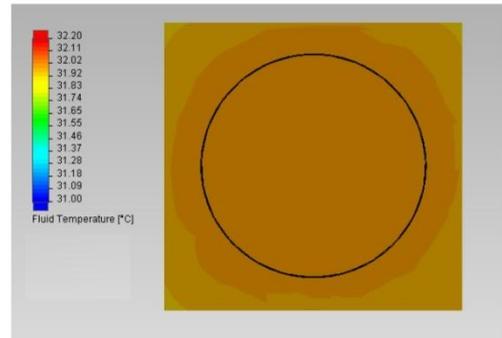
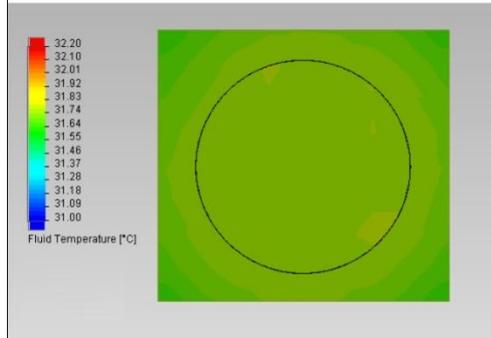
Tampak depan



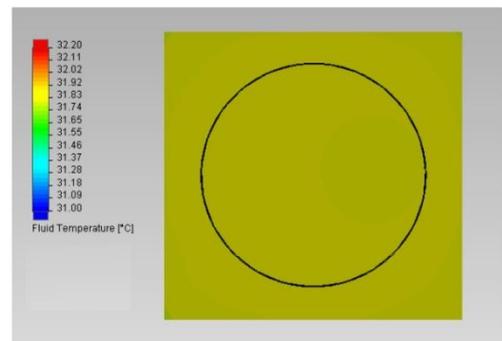
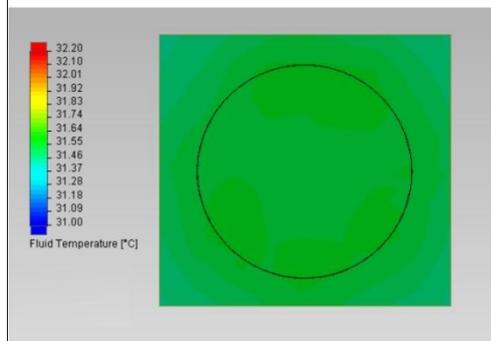
Tampak Atas
 (5 dan 3 cm
 dari dasar)



Tampak atas
 (10 dan 6 cm
 dari dasar)



Tampak atas
 (15 dan 9 cm
 dari dasar)



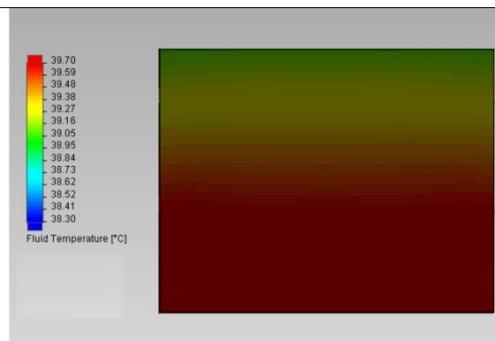
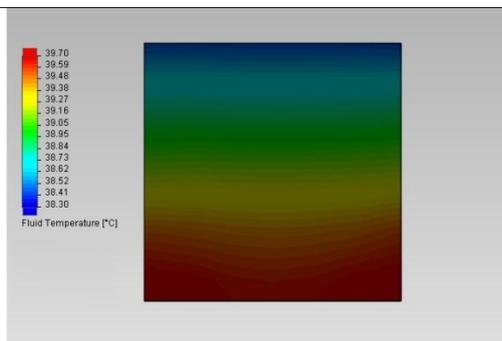
Gambar 6. Sebaran suhu media tanam arang sekam pada pukul 09.20

$T_{udara} = 35.4^{\circ}\text{C}$
 $T_{lantai} = 40.1^{\circ}\text{C}$

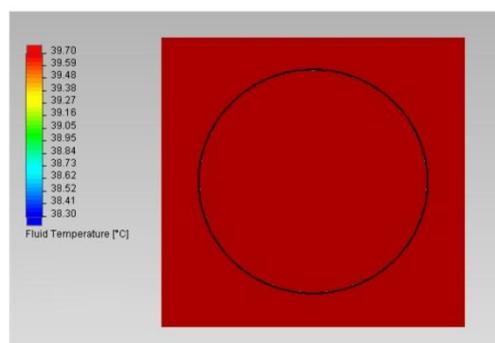
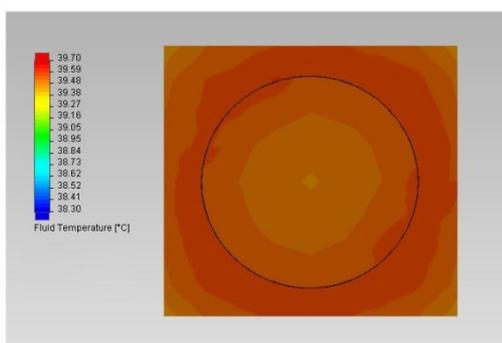
Arang sekam dalam *polybag* A

Arang sekam dalam *polybag* B

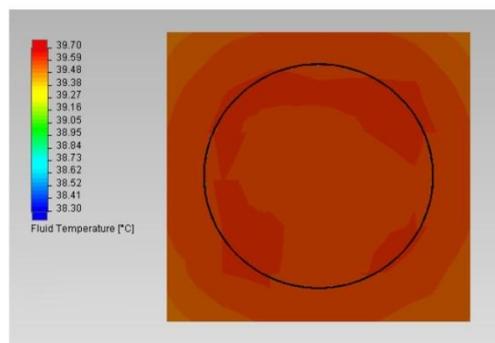
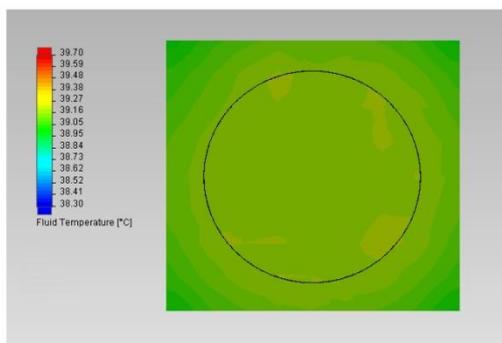
Tampak depan



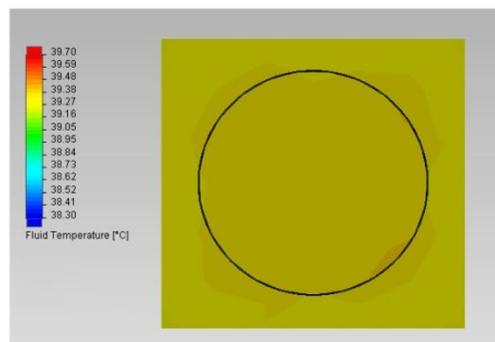
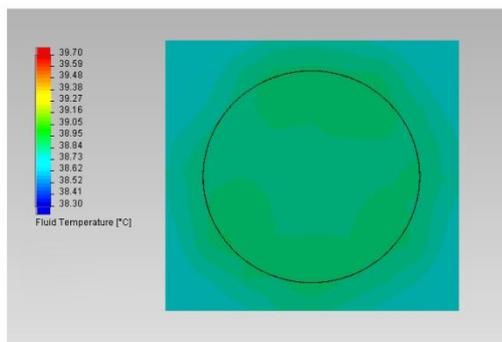
Tampak Atas
 (5 dan 3 cm
 dari dasar)



Tampak atas
 (10 dan 6 cm
 dari dasar)



Tampak atas
 (15 dan 9 cm
 dari dasar)



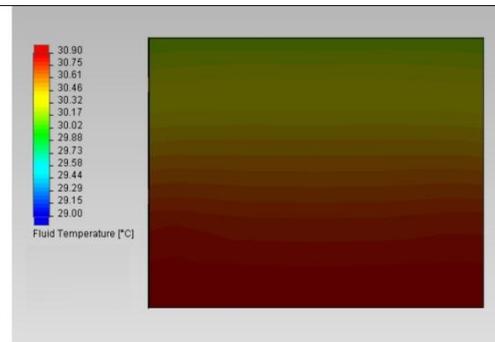
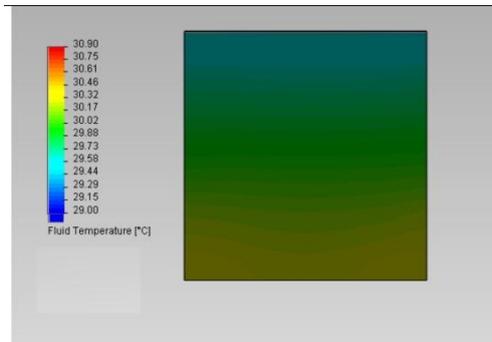
Gambar 7. Sebaran suhu media tanam arang sekam pada pukul 12.20

$T_{udara} = 27.4^{\circ}C$
 $T_{lantai} = 30.6^{\circ}C$

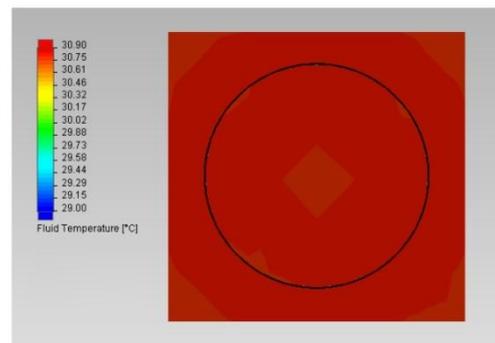
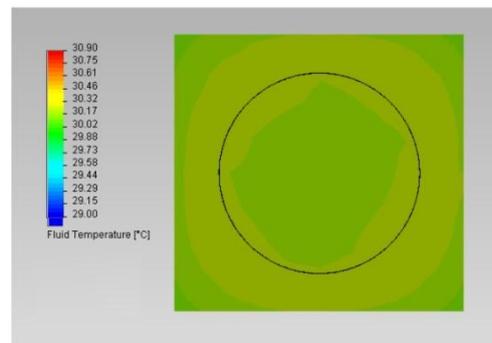
Arang sekam dalam polybag A

Arang sekam dalam polybag B

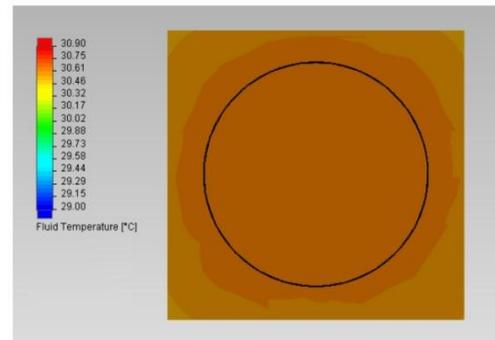
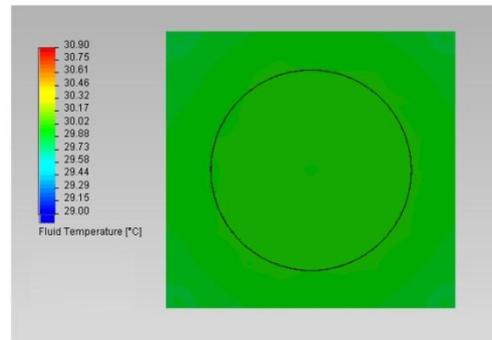
Tampak depan



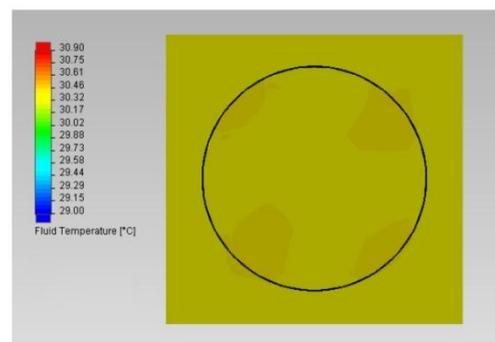
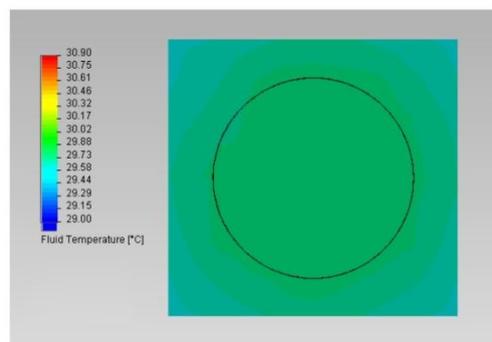
Tampak Atas
 (5 dan 3 cm
 dari dasar)



Tampak atas
 (10 dan 6 cm
 dari dasar)



Tampak atas
 (15 dan 9 cm
 dari dasar)



Gambar 8. Sebaran suhu media tanam arang sekam pada pukul 17.20

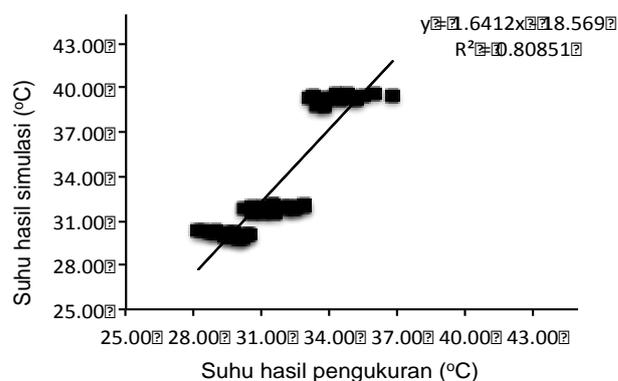
Kedua fenomena diatas membuktikan bahwa proses pindah panas secara konduksi dari lantai *greenhouse* ke *polybag* berisi arang sekam lebih berpengaruh dibandingkan pindah panas secara radiasi dari udara sekitar dan sinar matahari ke *polybag* berisi arang sekam. Selain itu, suhu rata-rata pada *polybag* B selalu lebih tinggi dari suhu rata-rata pada *polybag* A karena tinggi tumpukan arang sekam di *polybag* B lebih rendah dibandingkan dengan tinggi tumpukan arang sekam di *polybag* A, sehingga volume arang sekam di dalam *polybag* B lebih kecil.

Hal-hal tersebut menunjukkan bahwa sistem pendinginan udara di dalam *greenhouse* menggunakan *evaporative cooling* tidak akan cukup efektif dan efisien dalam mendinginkan suhu di daerah perakaran, karena pindah panas dari lantai *greenhouse* lebih berpengaruh dibandingkan dengan pindah panas dari udara. Oleh sebab itu, pendinginan terbatas (*zone cooling*) di daerah perakaran merupakan salah satu solusi cerdas untuk menurunkan suhu didaerah perakaran.

Validasi

Hasil penelitian menunjukkan terdapat sedikit perbedaan antara suhu hasil pengukuran dan hasil simulasi pada 9 titik di dalam masing-masing *polybag* berisi arang sekam pada pukul 09.20, 12.20, dan 17.20. Hal ini terjadi karena beberapa hal, diantaranya karena adanya asumsi tidak berpengaruhnya angin pada simulasi ini, padahal gerakan udara pasti ada meskipun sangat kecil. Selanjutnya, pengaruh radiasi matahari tidak dimasukkan kedalam perhitungan, meskipun radiasi matahari secara tidak langsung berpengaruh terhadap suhu udara di dalam *greenhouse*, namun memasukkan faktor radiasi matahari dapat memperkecil perbedaan hasil pengukuran dan hasil simulasi. Selain itu, peletakan *thermocouple* saat melakukan persiapan pengukuran 9 titik di dalam *polybag* berisi arang sekam juga sangat besar pengaruhnya pada perbedaan ini. Bila *thermocouple* diletakkan tidak tepat pada titik yang diharapkan, maka *thermocouple* akan mengukur suhu pada titik yang berbeda dengan titik sampel yang diambil pada

hasil simulasi. Hal ini akan menyebabkan perbedaan nilai sebaran suhu hasil simulasi dibandingkan dengan hasil pengukuran.



Gambar 9. Hubungan linier antara suhu media tanam arang sekam hasil simulasi dengan suhu media tanam arang sekam hasil pengukuran

Pengujian keakuratan hasil simulasi dilakukan dengan analisis regresi yang terbentuk pada hubungan linier antara sebaran suhu media tanam arang sekam hasil simulasi dengan sebaran suhu media tanam arang sekam hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa dari persamaan linier $y = ax + b$, nilai a sebesar 1.6412 dan b sebesar 18.569. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa simulasi yang dibuat dapat digunakan untuk memprediksi sebaran suhu media tanam arang sekam dengan akurasi yang baik. Hal ini didukung oleh nilai a yang mendekati 1, serta nilai korelasi R^2 sebesar 0.80851 dimana nilai ini mendekati 1 yang menunjukkan keragaman data. Nilai R^2 sebesar 0.80851 menunjukkan kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varians dari variabel terikatnya adalah sebesar 80.85%. Berarti terdapat 19.15% (100%-80.85%) varians variabel terikat yang dijelaskan oleh faktor lain.

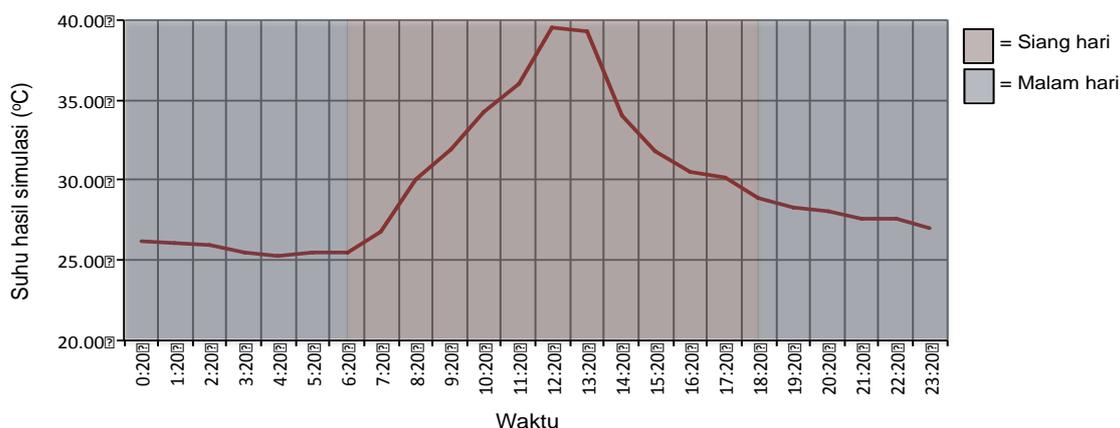
Optimasi penggunaan *water chiller*

Hasil validasi menunjukkan perbedaan antara hasil pengukuran dan hasil simulasi sangat kecil dan masih dapat di tolerir, maka dibuatlah simulasi sebaran suhu pada media tanam arang sekam di dalam *polybag* selama 24 jam, atau sebanyak 24 simulasi dengan menggunakan kondisi-kondisi yang telah dibangun. Selanjutnya, dipilih 9 titik pada masing-masing *polybag* seperti

pada Gambar 1 untuk mewakili kondisi sebaran suhu di dalam media tanam arang sekam. Suhu di 9 titik tersebut dirata-ratakan setiap jamnya dan hasilnya ditampilkan pada Gambar 10.

Pada Gambar 10, dapat dilihat sebaran suhu rata-rata media tanam arang sekam atau daerah perakaran selama 24 jam. Suhu daerah perakaran mulai meningkat setelah pukul 06.00 yang artinya setelah matahari terbit dan mulai menurun mulai pukul 18.00 yang artinya setelah matahari

terbenam. Selama ini, penggunaan *water chiller* untuk tanaman kentang di dataran rendah dinyalakan selama 24 jam setiap hari, selama tanaman tumbuh. Tanaman kentang yang suhu lingkungan optimalnya adalah 15°C-30°C, hanya memerlukan *water chiller* dari pukul 08.00 hingga pukul 17.00 saja, karena pada waktu-waktu tersebut suhu daerah perakaran melebihi 30°C.



Gambar 10. Suhu media tanam arang sekam hasil simulasi selama satu hari penuh

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan *Computational Fluid Dynamic* mampu menggambarkan kondisi sebaran suhu media tanam arang sekam sebagai daerah perakaran tanaman kentang dengan baik, sehingga simulasi dapat digunakan untuk memprediksi sebaran suhu daerah perakaran selama 24 jam. Dari hasil simulasi selama 24 jam, didapatkan informasi bahwa *water chiller* sebagai pendingin larutan nutrisi pada tanaman kentang tidak perlu dinyalakan selama 24 jam, karena hanya dari pukul 08.00 hingga pukul 17.00 saja, suhu daerah perakaran lebih tinggi dari suhu optimal untuk tanaman kentang.

DAFTAR PUSTAKA

Benni S, Santolini E, Barbaresi A, Torreggiani D, Tassinari P. 2017. Calibration and comparison of different CFD approaches for airflow analysis in a glass greenhouse.

Journal of Agricultural Engineering 2017; volume XLVIII:568

Cemeka B, Atışb A, Küçüktopcuca E. 2017. Evaluation of temperature distribution in different greenhouse models using computational fluid dynamics (CFD). *Jurnal Agr Sci* 32 (2017) 54-63

Chen J, Cai Y, Xu F, Hu H, Ai Q. 2014. *Analysis and Optimization of the Fan-Pad Evaporative Cooling System for Greenhouse Based on CFD*. *Advances in Mechanical Engineering*. Volume 2014, Article ID 712740, 8 pages

Ciptaningtyas D, Suhardiyanto, H. 2016. *Sifat Thermo-fisik Arang Sekam*. *Jurnal Teknotan* 10.2: 1-6

Manohar KR, Igathinathane. 2007. *Greenhouse Technology and Management*. BS Publication. Hyderabad.

Sapei A. Kusmawati, I. 2003. *Perubahan Pola Penyebaran Kadar Air Media Tanam Arang Sekam dan Pertumbuhan Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea reptans Poir.) pada Pemberian Air Secara Terus Menerus*

- dengan *Irigasi Tetes*. <http://e-jurnal.perpustakaan.ipb.ac.id>. [21 Februari 2011]
- Setiadi, Nurulhuda SF. 1993. *Kentang, Varietas dan Pembudidayaan*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Suhardiyanto H. 2009. *Teknologi Rumah Tanaman untuk Iklim Tropika Basah*. IPB Press. Dramaga. Bogor.
- Tuakia F. 2008. *Dasar-dasar CFD Menggunakan Fluent*. Informatika. Bandung.
- Versteeg H K. Malalasekera W. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*. Harlow, Essex, England and Longman Scientific & Technical. New York