JTPT : Jurnal Teknik Pertanian Terapan | E-ISSN. 3025-6925
Vol. 2 No. 2 Month Year

Hal. 65-78

Analisis Distribusi Suhu pada Sistem Rumah Tanaman dan Aeroponik dengan Variasi Waktu Pengkabutan Menggunakan Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD)

Evaluation of Temperature Distribution in Greenhouses and Aeroponic Systems with Modifications in Mist Period Making use of Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulation

Arjuno Kusumo Satyo Satmoko[1], Eni Sumarni[2], Susanto Budi Sulistyo[3]

[1]Teknik Pertanian, Teknologi Pertanian, Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman
[2]Teknik Pertanian, Teknologi Pertanian, Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman
[3]Teknik Pertanian, Teknologi Pertanian, Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

*Email Koresponden: arjuno.satmoko677@gmail.com

Received : 4 Februari 2025 | Accepted : 15 Februari 2025 | Published : 28 Februari 2025

Kata Kunci

Iklim mikro; Rumah Tanaman; Sistem pengkabutan; Simulasi CFD; Kentang dataran rendah

Copyright (c) 2025 Authors Arjuno Satyo Satmoko, Eni Sumarni, Susanto Budi Sulistyo

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Produksi benih kentang di dataran rendah menghadapi kendala suhu tinggi yang menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui iklim mikro rumah tanaman serta distribusi suhu dan kelembaban pada dataran rendah dalam produksi benih kentang menggunakan sistem pengkabutan. Metode penelitian menggunakan dua perlakuan waktu pengkabutan yaitu: (1) 10 menit hidup, 5 menit padam dan (2) 5 menit hidup, 10 menit padam. Parameter iklim mikro rumah tanaman dan box aeroponik diukur serta disimulasikan menggunakan perangkat lunak CFDSOF. Hasil penelitian menunjukkan rumah tanaman memiliki suhu rata-rata 29,7°C dengan kelembaban 71,7%. Perlakuan pengkabutan dapat menurunkan suhu udara 1-4°C dan meningkatkan kelembaban hingga 5% di seluruh box aeroponik. Sistem pengkabutan dengan waktu 10 menit hidup dan 5 menit padam menunjukkan kinerja lebih baik dalam distribusi kelembaban dibandingkan perlakuan 5 menit hidup dan 10 menit padam. Validasi perhitungan CFD menunjukkan rata-rata error sebesar 6,49%.

JTPT : Jurnal Teknik Pertanian Terapan | E-ISSN. 3025-6925
Vol. 2 No. 2 Month Year
Hal. 65-78

Keywords

Microclimate; Greenhouse; Fogging system; CFD Simulation; Lowland potato

ABSTRACT

Potato seed production in lowland areas faces the challenge of high temperatures that hinder plant growth and productivity. This study aims to determine the microclimate of the plant house as well as the distribution of temperature and humidity in the lowlands for potato seed production using a misting system. The research method used two misting time treatments, namely: (1) 10 minutes on, 5 minutes off and (2) 5 minutes on, 10 minutes off. The microclimate parameters of the plant house and the aeroponic box were measured and simulated using CFDSOF software. The research results show that the plant house has an average temperature of 29.7°C with a humidity of 71.7%. The misting treatment can lower the air temperature by 1-4°C and increase humidity by up to 5% throughout the aeroponic box. The misting system with a 10-minute on and 5-minute off cycle shows better performance in humidity distribution compared to the 5-minute on and 10-minute off cycle. CFD calculation validation shows an average error of 6.49%.

1. PENDAHULUAN

Kentang merupakan salah satu komoditas hortikultura bernilai gizi penting yang dibutuhkan sebagai bahan baku industri makanan, khususnya produksi keripik kentang (Departemen Pertanian, 2008; Mahmood *et al*., 2002). Kandungan zat besi, protein dan vitamin C kentang sebanding dengan butiran gandum (Burlingame *et al*., 2009). Seiring perubahan gaya hidup masyarakat, permintaan terhadap komoditas kentang mengalami lonjakan signifikan, namun ketersediaan kentang berkualitas belum dapat memenuhi peningkatan kebutuhan tersebut baik secara kuantitas maupun kualitas.

Permintaan kentang meningkat dari 2.503 menjadi 2.547 ton/tahun pada periode 2016-2020 (Kementerian Pertanian, 2021). Luas panen kentang di Indonesia cenderung fluktuatif antara 66.993-68.223 ha dengan produktivitas 18.20-19.27 ton/ha pada tahun 2015-2019 (Kementerian Pertanian, 2019). Produksi kentang nasional mengalami penurunan terbesar sebesar 12.66% dari 1.445 juta ton menjadi 1.262 juta ton pada tahun 2019-2020 (Kementerian Pertanian, 2021). Diperlukan teknologi yang sesuai untuk menyediakan benih kentang berkualitas guna mendukung stabilitas produksi kentang konsumsi. Produksi kentang saat ini dilakukan di daerah dengan ketinggian 800-1500 mdpl, karena pertumbuhan dan pembentukan umbi kurang optimal pada ketinggian 500 mdpl (Sunarjono, H., 2007). Namun, pengolahan lahan dan budidaya yang tidak sesuai prosedur dapat menyebabkan erosi dan penurunan produktivitas tanah. Terdapat alternatif peningkatan produksi kentang pada ketinggian 300-700 mdpl (Sumadi *et al*., 2016).

Produksi benih kentang di dataran rendah menghadapi kendala berupa kelembapan tidak optimal, paparan cahaya intens, dan suhu tinggi yang menyebabkan layu dan kematian tanaman. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkan teknologi rekayasa iklim berupa modifikasi iklim menggunakan pendinginan daerah perakaran dan teknologi

aeroponik (Sumarni *et al*., 2013). dengan aplikasi sistem pengkabutan untuk mengendalikan suhu dan kelembaban optimal pada bagian atas tanaman[Sumarni *et al.*, 2013a; Sumarni *et al.*, 2013b; Sumarni *et al*, 2014; Sumarni *et al*., 2016; Sumarni *et al*., 2019).

Sistem pengkabutan berfungsi sebagai pendingin tambahan untuk mengendalikan kelembaban udara pada suhu tinggi dalam rumah tanaman (Lim *et al*., 2021). Analisis pemodelan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk distribusi suhu udara menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata 7.49% (A'yuni *et al*., 2020). Meski pengendalian pertumbuhan produksi benih kentang di dataran rendah telah diterapkan menggunakan pendingin zona perakaran dan pendinginan evaporative (Sumarni *et al*., 2021). Aplikasi waktu sistem pengkabutan terhadap distribusi suhu dengan prediksi CFD belum dilakukan. Pemanfaatan analisis CFD melalui software CFDSOF memungkinkan perolehan hasil kontur serta distribusi suhu dan kelembapan secara efisien. Penelitian ini bertujuan menghasilkan pola sebaran suhu dan kelembaban serta memperkirakan sebaran iklim mikro pada rumah tanaman untuk produksi benih kentang di dataran rendah.

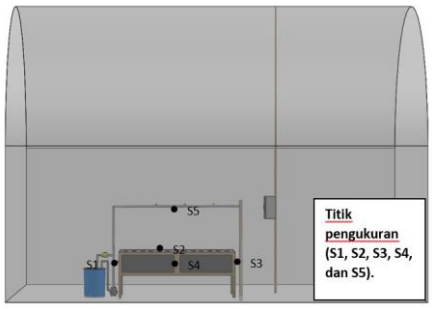
2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan serta bahan penelitian ini melibatkan pemanfaatan rumah tanaman tipe *arch, timer* untuk pembedaan waktu sistem pengkabutan, bak penampung air ukuran 50 liter untuk sistem pengkabutan, perangkat sistem pengkabutan menggunakan pompa air. Perangkat sistem pengkabutan tersusun dari *coolnet* tipe 4 *head nozzle*, beberapa pipa PVC terdiri ukuran ¾ inchi dan ½ inchi. Alat ukur yang digunakan terdiri dari termometer digital, higrometer, dan sensor DHT 22 yang terintegrasi dalam *weather station* yang dilengkapi mikrokontroler Arduino Uno. Selain itu, analisis simulasi fluida menggunakan *software* CFDSOF.

2.2 Alat dan Bahan

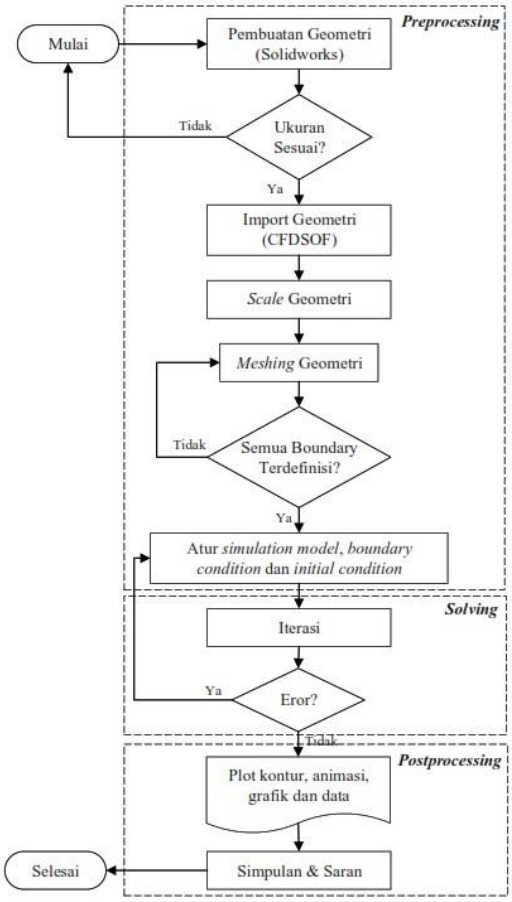
Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimental dan analisis komputasi menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Perangkat box aeroponik yang terpasang sistem *fogging* dengan ketinggian 75 cm. *Sistem pengkabutan* dihubungkan dengan *timer* dengan *interval* waktu pertama 10 menit hidup dan 5 menit padam, *interval* waktu kedua 5 menit hidup dan 10 menit padam. Data pengukuran iklim mikro umum di dalam *rumah tanaman* meliputi suhu udara dan kelembaban udara (RH) sebanyak 3 periode pengukuran yaitu pukul 08.00, 13.00, dan 16.00 WIB dilakukan selama 30 hari diperoleh dari *weather station* yang diletakan di dalam *rumah tanaman*. Pengukuran data iklim mikro CFD terkait pengaruh cuaca terhadap kinerja *sistem pengkabutan* dilakukan evaluasi pengukuran suhu pada saat hari cerah, mendung dan hujan dengan periode pengukuran antara pukul 09.00, 10.00, 11.00, 12.00, dan 14.00 WIB, pengukuran dilakukan di setiap jam. Alat ukur suhu udara sebanyak 5 buah ditempatkan pada dinding box aeroponik disajikan **Gambar 1.**



Gambar 1. Titik pengukuran data pada daerah box aeroponik

Analisis data dilakukan dengan mengolah fenomena suhu udara dan kelembapan udara (RH) pada pembedaan waktu sistem pengkabutan menggunakan *software* CFDSOF untuk simulasi CFD dengan alur diagram kerja seperti pada **Gambar 2.** Simulasi akan dilakukan dengan 2 periode waktu selama periode yaitu 1) 10 menit hidup dan 5 menit padam, 2) 5 menit hidup dan 10 menit padam. Asumsi penting digunakan dalam simulasi dilakukan dengan menggunakan 2 fase yaitu *single phase* untuk memperoleh distribusi suhu udara, dimana keluaran dari *sistem pengkabutan* berupa udara dan *multiphase* untuk memperoleh distribusi kelembapan udara, *Output* dari *sistem pengkabutan* terdiri dari kabut udara dari butir-butiran air, tujuan pengkabutan ini ditandai dengan suhu rendah yang sesuai dengan suhu udara yang di amati. Selanjutnya, ukuran lubang *nozzle* berdiameter sebesar 0.1 mm, digambarkan menggunakan struktur geometris yang lebih disederhanakan, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.** Asumsi tambahan perangkat sistem pengkabutan seperti dibawah ini:

Solusi dari komputasi tergantung pada waktu dilakukan analisis 3 dimensi dengan beberapa asumsi dan batasan dalam pemodelan. Daerah domain ditentukan dengan tidak mendefinisikan daerah wadah air, sementara geometri coolnet disederhanakan dalam bentuk yang lebih simpel. Box aeroponik memiliki panjang yang sama dengan pipa pengaliran air dari wadah penampung. Dalam simulasi ini, massa jenis udara diasumsikan konstan tanpa perubahan signifikan, namun efek boyansi tetap diperhitungkan dalam perhitungan dengan pola aliran yang bersifat turbulen. Kondisi batas suhu lingkungan luar ditetapkan konstan pada semua sisi rumah tanaman dan tidak berubah terhadap waktu. Distribusi suhu pada tanaman diabaikan dalam pemodelan ini. Seluruh komponen sistem pendinginan termasuk box aeroponik, *nozzle*, *coolnet*, dan pipa aliran air diasumsikan memiliki suhu yang sama dengan wadah penampung air.



Gambar 2. *Flowchart* simulasi CFDSOF

Gambar 3. Asumsi sederhana perangkat sistem pengkabutan pada box aeroponik

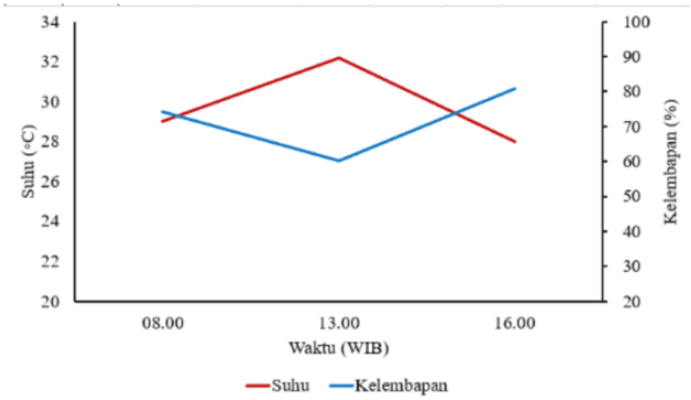
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Iklim Mikro Rumah Tanaman Selama Pengukuran

3.1.1 Iklim mikro umum

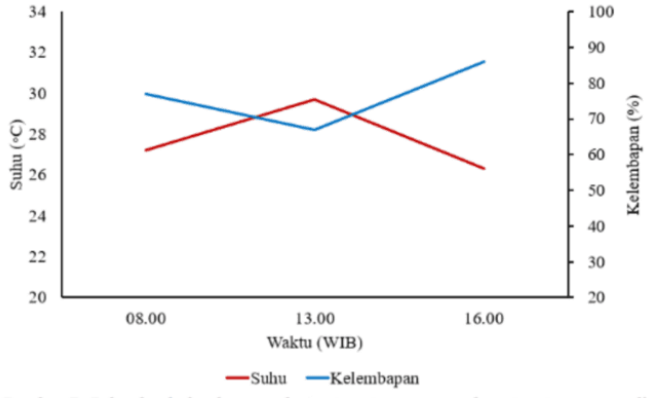
Iklim mikro di dalam rumah tanaman selama pengukuran menunjukkan suhu di dalam rumah tanaman lebih tinggi daripada di luar rumah tanaman dan kelembapan udara

di dalam lebih rendah daripada di luar rumah tanaman. Suhu udara rata-rata di dalam rumah tanaman selama pengukuran berkisar 29,7 ^{o}C, dimana suhu rata-rata tertinggi pada pukul 13.00 WIB sebesar 32,2 ^{o}C dan suhu rata-rata terendah pada pukul 16.00 WIB sebesar 28,0 ^{o}C (**Gambar 4**). Kelembapan udara rata-rata di dalam rumah tanaman selama pengukuran berkisar 71,7%, dimana kelembapan udara rata-rata terendah pada pukul 13.00 WIB sebesar 60% dan kelembapan udara rata-rata tertinggi pada pukul 16.00 sebesar 81% (**Gambar 4.**). Kelembapan udara rata-rata yang diperlukan untuk tanaman kentang berkisar 80-90% (Sunarjono, H., 2007) Hal ini menunjukkan bahwa suhu dan kelembapan udara dalam rumah tanaman tanpa penggunaan sistem pengkabutan kurang optimal.



Gambar 4. Suhu dan kelembapan udara rata-rata tanpa menggunakan sistem pengkabutan di dalam rumah tanaman selama pengukuran secara umum.

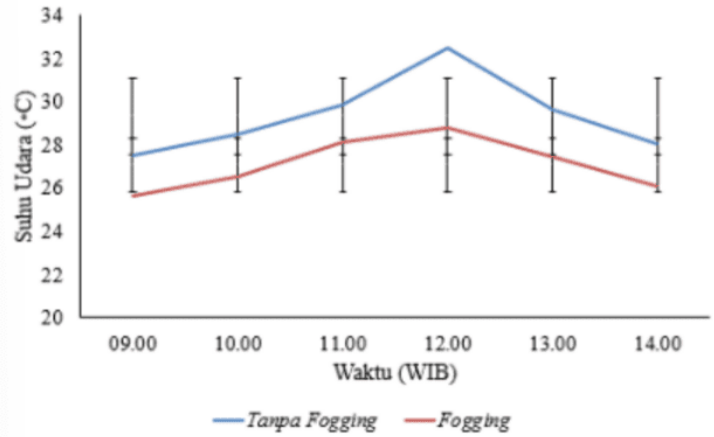
Iklim mikro pada penggunaan sistem pengkabutan di dalam rumah tanaman menunjukkan bahwa pengkabutan mampu menurunkan suhu di dalam rumah tanaman berkisar 2 ^{o}C dengan suhu rata-rata di dalam rumah tanaman berkisar 27.7 ^{o}C, dimana suhu tertinggi sebesar 29.7 ^{o}C pada pukul 13.00 WIB dan suhu terendah sebesar 26.3 ^{o}C pada pukul 16.00 WIB (**Gambar 5.**). Penggunaan sistem pengkabutan juga mampu meningkatkan kelembapan udara rata-rata sebesar 5 % di dalam rumah tanaman dari 71.7% ke 76.7%, dimana kelembapan tertinggi sebesar 86% pada pukul 16.00 WIB dan kelembapan terendah sebesar 67% pada pukul 13.00 WIB (**Gambar 5.**).



Gambar 5. Suhu dan kelembapan udara rata-rata menggunakan sistem pengkabutan di dalam rumah tanaman selama pengukuran secara umum.

3.1.2 Iklim mikro khusus

Pengukuran suhu udara dilakukan tanpa sistem pengkabutan pada berbagai kondisi cerah, mendung, dan hujan diperoleh hasil bahwa suhu udara rata-rata di dalam rumah tanaman meningkat dan mencapai titik maksimum pada pukul 12.00 WIB yaitu sebesar 33 ^{o}C, kemudian mengalami penurunan sampai pukul 14.00 WIB dengan suhu rata-rata sebesar 27.5 ^{o}C (**Gambar 6.**). Suhu udara tanpa sistem pengkabutan di rumah tanaman selama pertumbuhan tanaman kentang menunjukkan kondisi suhu udara suboptimal. Hal ini dikarenakan suhu udara rata-rata yang dibutuhkan ketika pembentukan umbi di dataran rendah sebesar 15-30 ^{o}C (Asandhi, A. A., & Gunadi, N., 2006) untuk siang hari diperlukan suhu 25 ^{o}C dan malam hari diperlukan suhu sebesar 17 ^{o}C (Mahmood *et al*., 2002). Daun puncuk tanaman kentang pada siang hari dengan suhu 35.9 ^{o}C dan suhu udara malam hari sebesar 25 ^{o}C dapat membakar bagian tajuk yang tinggi pada tanaman kentang (Sumarni *et al*., 2013) Oleh karena itu, perlu adanya modifikasi iklim di dalam rumah tanaman melalui pembedaan waktu aplikasi sistem pengkabutan.



Gambar 6. Suhu udara rata-rata tanpa sistem pengkabutan dan sistem pengkabutan di dalam rumah tanaman selama pengukuran berbagai kondisi secara khusus.

3.2 Simulasi CFD

3.2.1 Pembuatan geometri dan *meshing*

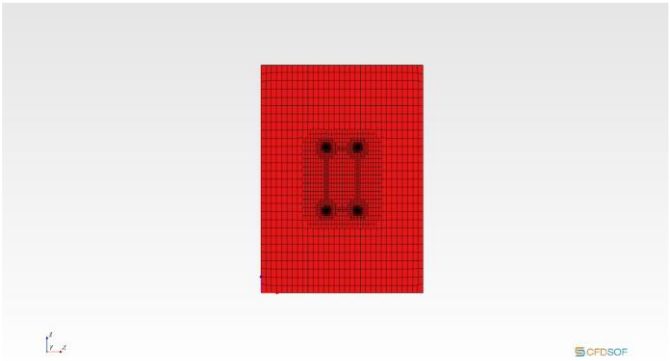
Perangkat sistem pengkabutan terdiri dari objek-objek berupa box aeroponik dan *coolnet*) dan geometri rumah tanaman tipe lengkungan membentuk dua komponen utama dari penciptaan geometri. Solidworks 2020 x64 *edition software* digunakan untuk membuat geometri, yang kemudian diimpor dalam format (.STL) guna penciptaan struktur *mesh* di CFDSOF. *Import* 13 *part* geometri. *Geometry preparation* yang dibuat menggunakan perangkat lunak Solidworks dengan skala ukur milimeter, oleh karena itu perlu dirubah menjadi skala ukur meter dengan skala 0,001. Hal ini membutuhkan persiapan geometri. Selanjutnya, masing-masing geometri harus menjalani *mesh refinement* menggunakan perbaikan permukaan dengan *surface refinement*, seperti yang

dijelaskan dalam **Tabel 1**. Dalam CFDSOF, pemurnian permukaan adalah definisi tingkat sel yang digunakan untuk meningkatkan akurasi setiap sel pada komponen-komponen khususnya.

Tabel 1. *Level surface refinement* yang digunakan

No	*Part of STL*	*Surface Refinement*	
		Minimum Level	*Maximum Level*
1	Coolnet_1	1	4
2	Coolnet_2	1	4
3	Coolnet_3	1	4
4	Coolnet_1b	1	4
5	Coolnet_2b	1	4
6	Coolnet_3b	1	4
7	Sensor_1	0	0
8	Sensor_2	0	0
9	Sensor_3	0	0
10	Sensor_4	0	0
11	Sensor_5	0	0
12	Greenhouse	0	0
13	Meja_Fogging1	1	3

Pemilihan *base mesh* adalah faktor penting dalam menentukan wilayah spesifik yang akan mengalami mesh. *Domain* merupakan tahap memisahkan area rumah tanaman menjadi *mesh* saat proses simulasi dilakukan. Permukaan keseluruhan objek disesuaikan pada tahap *base mesh*, yang umumnya disebut sebagai *autosize dimension*. Jumlah *mesh* sebanyak (28 x 25 x 24) yang mewakili dari ukuran jaringan dalam **Gambar 7.** Untuk menetapkan mesh yang tepat, perlu untuk menguraikan wilayah yang membutuhkan *mesh*. Secara khusus, ini berkaitan dengan dinamika cairan yang terjadi dalam *domain* yang ditentukan, dengan mengecualikan objek yang mewakili perangkat sistem pengkabutan. Selanjutnya, perlu untuk menilai kualitas dan presisi *meshing* yang telah dilakukan dengan melakukan proses *check meshing* diperoleh max skewness sebesar 3.08042. nilai tersebut diatas rerata *mesh independent test* sebesar 3.



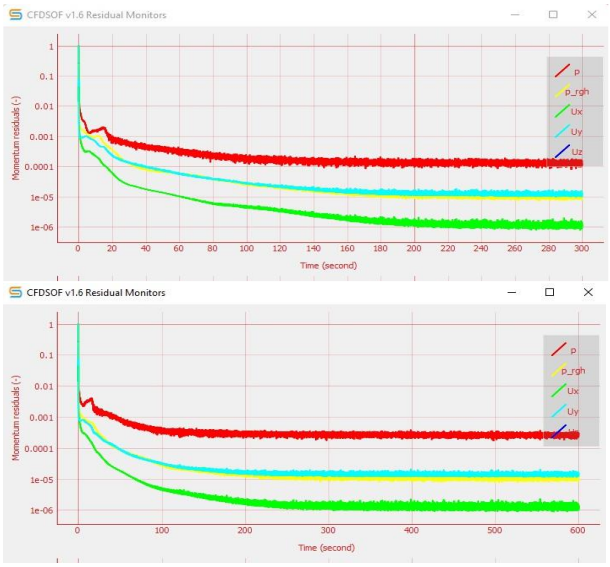
Gambar 7. Hasil tampak bawah *domain mesh*

3.2.2 Interprestasi tahapan simulasi

Penentuan nilai *boundary conditions* dan *initial conditions* yang penting dalam analisa perhitungan komputasi. Kondisi batas dapat diklasifikasikan menjadi 2 kategori berbeda: yang pertama berkaitan dengan area yang terkena air secara langsung, seperti *box* aeroponik, *coolnet*, dan tiang; sedangkan kategori kedua mencakup keseluruhan struktur rumah tanaman. Dalam berbagai fenomena yang terjadi seperti cerah, mendung, dan hujan untuk suhu air yang sama yaitu 26 ^{o}C. Namun, untuk nilai input suhu udara rumah tanaman diperoleh dari hasil pengukuran suhu udara yang tertinggi pada setiap fenomenanya yaitu cerah 36,5 ^{o}C (309,5 K), mendung 32,5 ^{o}C (305,5 K), dan hujan 30 ^{o}C (303 K) sebelum sistem pengkabutan hidup.

Proses simulasi melibatkan penciptaan model yang telah ditentukan dalam kerangka simulasi. Penelitian ini menggunakan jenis aliran turbulen, yang menggabungkan simulasi distribusi suhu menggunakan satu fase udara dan simulasi distribusi kelembaban menggunakan udara dan air *multiphase*. Simulasi ini didasarkan pada asumsi fluida. Fenomena ini ditandai dengan kebutuhan dari durasi tertentu untuk aliran cairan untuk mendekati keadaan stabilitas relatif. Cairan yang digunakan dalam sistem dianggap tidak terkompresi, sehingga mempertahankan kepadatan konstan sepanjang. Aliran ini menunjukkan perilaku turbulen dan dimodelkan menggunakan pendekatan *Reynolds-Averaged Navier-Stokes* (RANS), dengan model turbulensi secara khusus yaitu SST k-omega. Dalam simulasi, penyertaan persamaan energi dan kuantitas gravitasi sangat penting untuk mewakili fenomena fisik dengan tepat. Persamaan dan kuantitas ini ditugaskan nilai-nilai spesifik untuk memastikan keakuratan hasil simulasi. Namun, perlu dicatat bahwa dalam simulasi multifas, perhitungan persamaan energi mungkin tidak ditentukan dengan baik.

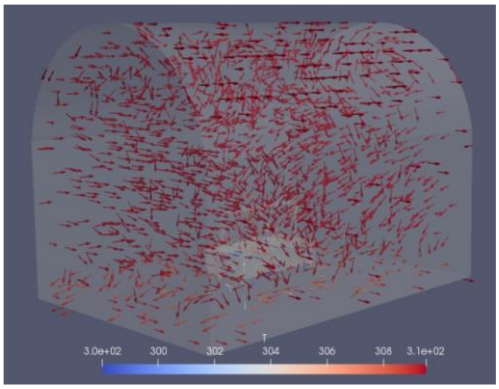
Proses iterasi atau juga disebut sebagai prosedur komputasi, berfungsi sebagai pengganti untuk perhitungan manual. Perhitungan Simulasi menggunakan 2 perlakuan yaitu selama 10 menit (600 detik) dan 5 menit. (300 detik). Simulasi dilakukan dengan *timestep* 0,01 detik, dan data dicatat serta disimpan setiap 10 detik. Simulasi dilakukan selama 10 menit, di mana sistem pengkabutan dimulai. Simulasi 15 menit dilakukan untuk mengamati nilai residual, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8.** Pengamatan ini menunjukkan bahwa tidak ada perubahan substansial, sehingga menunjukkan keadaan konvergensi.



Gambar 8. Proses perhitungan pada CFDSOF

3.2.3 Hasil simulasi distribusi suhu dan kelembapan (RH) menggunakan CFDSOF

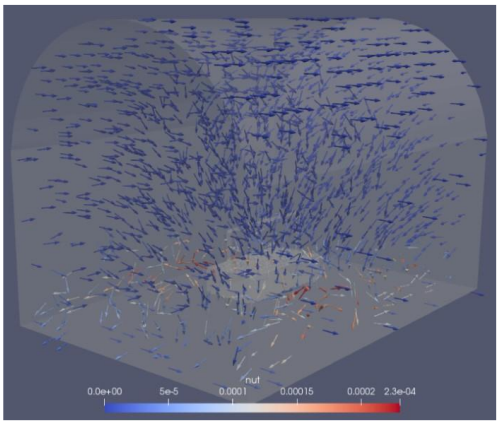
Berdasarkan tampilan hasil simulasi dalam bentuk vektor dan kontur dapat difasilitasi melalui penggunaan *paraview*. Hasil distribusi aliran suhu udara secara visual diwakili menggunakan panah vektor untuk menggambarkan arah, sementara kontur warna digunakan untuk mewakili *magnitude* yang bervariasi. Kotak aeroponik, coolnet, dan tiang mengandung udara dengan suhu yang lebih rendah. Perbedaan suhu ini menginduksi aliran udara ke daerah sekitar, seperti yang digambarkan oleh panah arah di **Gambar 9.** Distribusi aliran udara suhu udara di dalam rumah kaca menunjukkan pola transisi dari daerah dengan suhu yang lebih rendah ke yang lebih tinggi. Hasil suhu dari simulasi yang digambarkan di bawah ini menunjukkan rentang 299 K – 309,5 K (26^{o}C – 36,5^{o}C), dengan warna biru mewakili rentang suhu terendah dan merah menunjukkan rangkaian suhu tertinggi.



Gambar 9. Sebaran suhu udara (tampak isometrik *single phase*)

Hasil simulasi distribusi kelembapan udara diperoleh kelembapan lebih tinggi pada bagian area box aeroponik, *coolnet*, dan tiang dikarenakan pengaruh suhu lingkungan yang lebih dominan. Namun, jangkauan dari sistem pengkabutan tidak dapat menaikkan

tingkat kelembapan dari keseluruhan dari rumah tanaman, yang mana dalam hal ini menyebabkan aliran udara yang terjadi disekitar areanya bergerak, ditunjukan dengan arah tanda panah pada **Gambar 10.**



Gambar 10. Sebaran kelembapan udara waktu sistem pengkabutan (tampak isometrik *multiphase*)

3.2.4 Hasil validasi simulasi CFD

Validasi hasil simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dilakukan untuk menilai akurasi dan validitas model simulasi yang dilakukan pada platform CFDSOF. Proses validasi suhu dilakukan di 5 titik sensor spesifik di area perangkat *sistem pengkabutan*. Daerah ini secara langsung dipengaruhi oleh perubahan iklim. Titik sensor ditandai sebagai S1, S2, S3, S4 dan S5. Hasil persentase validasi ditampilkan dalam **Tabel 2.**

Tabel 2. Hasil validasi simulasi CFD

	Sensor	**T ukur (°C)**	**T simulasi (°C)**	***Error* (%)**
Fenomena Cerah 10 menit (12.00) WIB	S1	27.30	30.67	12.34
	S2	25.90	29.75	14.86
	S3	25.80	27.33	5.93
	S4	26.80	30.49	13.77
	S5	25.80	29.57	14.61
			Rerata Error (%)	12.30
Fenomena Cerah 5 menit (12.15) WIB	S1	27.20	30.36	11.62
	S2	27.50	29.77	8.25
	S3	27.60	28.94	4.86
	S4	27.00	30.50	12.96
	S5	26.00	29.58	13.77
			Rerata Error (%)	10.29
Fenomena Mendung 10	S1	26.50	28.40	7.17
	S2	27.10	27.59	1.81
	S3	26.50	27.36	3.25

menit (12.00) WIB	S4	26.60	27.91	4.92
	S5	28.70	29.65	3.31
			Rerata Error (%)	4.09
Fenomena Mendung 5 menit (12.15) WIB	S1	26.50	28.43	7.28
	S2	27.10	27.51	1.51
	S3	26.50	27.51	3.81
	S4	26.60	27.96	5.11
	S5	28.70	27.68	3.55
			Rerata Error (%)	4.25
Fenomena Hujan 10 menit (12.00) WIB	S1	26.50	27.12	2.34
	S2	27.10	26.33	2.84
	S3	25.10	26.61	6.02
	S4	25.80	26.73	3.60
	S5	25.30	26.71	5.57
			Rerata Error (%)	4.07
Fenomena Hujan 5 menit (12.15) WIB	S1	26.80	27.12	1.19
	S2	27.30	26.42	3.22
	S3	25.10	26.61	6.02
	S4	27.90	26.72	4.23
	S5	25.40	26.69	5.08
			Rerata Error (%)	3.95
			Total Rerata Error (%)	6.49

Keterangan :
T_{ukur} = Suhu pengukuran (^oC)
$T_{simulasi}$ = Suhu simulasi (^oC)
Error terkecil dari tiga fenomena yang berbeda dengan 2 perlakuan ada pada fenomena hujan dengan 5 menit sistem pengkabutan hidup pada pukul 12.00 WIB didapatkan *error* sebesar 3,95%. *Error* terbesar pada fenomena cerah dengan 10 menit sistem pengkabutan hidup pada pukul 12.00 WIB dengan nilai 12,30%. *Error* suhu rata-rata total hasil simulasi terhadap suhu pengukuran sebesar 6,49%. Nilai *error* yang masih relatif tinggi ini dikarenakan beberapa faktor, diantaranya perlu menggunakan *mesh* yang lebih rapat sampai diperoleh *mesh* yang tepat, sehingga pengaruh signifikan. Selain itu, *error* yang dihasilkan juga karena simulasi distribusi suhu diasumsikan dengan *single phase*, sedangkan pada eksperimen, seharusnya terdapat *multiphase*, yaitu fase air dan udara. Selain itu, simulasi tergantung pada keakuratan asumsi yang digunakan dalam mendeskripsikan input, serta akurasi pengukuran data yang diperoleh di lapangan. Oleh karena itu, sangat penting untuk menetapkan asumsi yang sejalan dengan kondisi dunia nyata yang dihadapi di lapangan, serta mengakui pentingnya mengkalibrasi instrumen pengukuran selama proses pengumpulan data.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pengkabutan dengan durasi 10 menit hidup dan 5 menit padam menunjukkan kinerja lebih optimal dibandingkan durasi 5 menit hidup dan 10 menit padam, dengan kemampuan menurunkan suhu rumah tanaman dari 29,7°C

hingga 1-4°C (tergantung kondisi cuaca) dan meningkatkan kelembaban sebesar 5% dari rata-rata 71,7%, dimana validasi CFD menunjukkan tingkat kesalahan 6,49%; untuk pengembangan selanjutnya disarankan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis berbasis sensor untuk mengatur durasi pengkabutan sesuai kondisi cuaca, meningkatkan distribusi kabut yang lebih merata, serta melakukan penelitian lanjutan mengenai korelasi pola pengkabutan dengan produktivitas tanaman kentang di dataran rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Asandhi, A. A., & Gunadi, N. (2006), *Syarat Tumbuh Tanaman Kentang*. Dalam Buku Tahunan Hortikultura, Seri: Tanaman Sayuran. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura, Jakarta.

A'yuni, A. Q., Sumarni, E., & Ardiansyah. (2020). Distribusi Suhu Udara di Permukaan Chamber Aeroponik dengan Aplikasi Fogging System Menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD). *JABER*, 11(1): 61-71.

Burlingame, B., Mouillé, B., & Charrondiére, U. R. (2009). *Review: Nutrients, Bioactive Non-Nutrients and Anti-Nutrients in Potatoes*. *J Food Compos Anal*, (22):494-502.

Departemen Pertanian. (2008). *Produksi Benih Kentang Berkualitas (G0).* (*On-line*). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. http://pustaka.litbang.deptan.go.id/agritek/blitsa0.pdf. diakses Oktober 2021.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2019). Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Kentang Menurut Provinsi, Tahun 2015-2019, p. 2019. 48(On-line). https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61 diakses Oktober 2021.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2021). *Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2020*. (*On-line*). http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/arsip-perstatistikan/163-statistik/statistik-konsumsi/751-statistik-konsumsi-pangan-tahun-2020 diakses Oktober 2021.

Lim, M. Y., Jeong, H. J., Roh, M. Y., Choi, G. L., Kim, S. H., & Choi, S. H. (2021). Changes in Greenhouse Temperature and Solar Radiation by Fogging and Shading During Hydroponics in Summer Season. *Journal of Bio-Environment Control*, *30*(3), 230–236.

Mahmood, M. M., Farooq, K., Hussain, A., & Sher, R. (2002). *Effect of Mulching on Growth and Yield of Potato Crop*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1(2): 122-133.

Mandei, J. H. 2018. Pengaruh cara perendaman dan jenis kentang terhadap mutu keripik kentang. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri, 9*(2), 123-136.

Sumadi., Hamdani, J. S., & Andianny, M. (2016). Pertumbuhan dan Hasil Benih Beberapa Varietas Kentang di Dataran Medium yang Ditanam di Bawah Naungan. *Prosiding Seminar Nasional Hasil PPM IPB*, 101- 111.

Sumarni, E., Suhardiyanto, H., Seminar, K. B., & Saptomo, S. K. (2013). *Temperature Distribution in Aeroponics System with Root Zone Cooling for the Production of Potato Seed in Tropical Lowland. International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(6): 799–804.

Sumarni, E., Suhardiyanto, H., Seminar, K. B., & Saptomo, S. K. (2013a). Pendinginan Zona Perakaran (*root zone cooling*) pada Produksi Benih Kentang menggunakan Sistem Aeroponik. *J. Agron Indonesia*, 41(2): 154-159.

Sumarni, E., Suhardiyanto, H., Seminar, K. B., & Saptomo, S. K. (2013b). Aplikasi Pendinginan Zona Perakaran (*Root Zone Cooling*) pada Produksi Benih Kentang Menggunakan Aeroponik di Dataran Rendah Tropika Basah. *Jurnal Agronomi Indonesia Terakreditasi A*, 41(2): 154-159.

Sumarni, E., & Farid, N. (2014). Respon Suhu Daun pada Pertumbuhan dan Hasil Kajian Teknik Aeroponik dengan Aplikasi *Root Zone Cooling*. *Prosiding Seminar Nasional FTIP UNPAD-PERTETA-HIPI*, Jatinangor, 11-12 November 2014.

Sumarni, E., Sumadji, A., Suhardiyanto, H., & Saptomo, S. K. (2016). Produksi Benih Kentang Sistem Aeroponik dan *Root Zone Cooling* dengan Pembedaan Tekanan Pompa di Dataran Rendah. *J. Agron Indonesia*, 44(3): 299 – 305.

Sumarni, E., Farid, N., Darjanto., Ardiansyah., & Soesanto, L. (2019). *Effect of Electrical Conductivity (EC) in the Nutrition Solution on Aeroponic Potato Seed Production with Application of Root Zone Cooling in Tropical Lowland*, Indonesia. *Agricultural Engineering International*: *CIGR Journal*, 21(2): 70-78.

Sumarni, E., Hardanto, A., & Arsil, P. (2021). *Effect of Root Zone Cooling and Evaporative Cooling in Greenhouse on the Growth and Yield of Potato Seed by Aeroponics in Tropical Lowlands*. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, *23*(1): 28–35.

Sunarjono, H. (2007). Petunjuk Praktik Budi Daya Kentang. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.