



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN

ISSN: 2085-2614; e ISSN : 2528-2654

Journal homepage: <https://jurnal.usk.ac.id/RTP>



Simulasi Sebaran Suhu oleh Pendinginan Evaporatif pada Rumah Tanaman Tropika Basah untuk Persemaian Eukaliptus

Baskoro Tri Julianto^{1,2*)}

¹Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sukabumi

Email : 220701baskoro@ummi.ac.id

Abstrak

Persemaian Eukaliptus di rumah tanaman tropis basah menghadapi tantangan suhu yang tinggi, yang dapat mencapai 37°C, jauh di atas rentang suhu ideal (25-31°C). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pendinginan evaporatif dalam mengontrol suhu rumah tanaman. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Ansys Discovery pada model rumah tanaman berukuran 8 m x 4 m x 4 m dengan ventilasi di dinding dan atap. Kecepatan aliran udara yang disimulasikan bervariasi antara 0,9 m/s hingga 5 m/s. Hasil menunjukkan bahwa tanpa pendinginan evaporatif, suhu rumah tanaman cenderung serupa dengan suhu lingkungan, yang tidak mendukung pertumbuhan optimal Eukaliptus. Dengan pendinginan evaporatif, suhu di dalam rumah tanaman dapat diturunkan hingga 26-28°C, terutama pada kecepatan aliran udara 3 m/s atau lebih. Sistem pendinginan evaporatif terbukti efektif dalam menyeragamkan suhu, menjadikannya solusi yang direkomendasikan untuk mendukung keberhasilan persemaian Eukaliptus di kawasan tropis basah.

Kata Kunci : Eukaliptus, persemaian, rumah tanaman, pendinginan evaporatif, tropika basah

Simulation of Temperature Distribution by Evaporative Cooling in a Wet Tropical Greenhouse for Eucalyptus Nursery

Baskoro Tri Julianto^{1,2*)}

¹Departement of Mechanical and Biosystem Engineering, IPB University, Indonesia

²Civil Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Muhammadiyah Sukabumi

*E-mail: 220701baskoro@ummi.ac.id

Abstract

Eucalyptus nurseries in wet tropical greenhouses face the challenge of high temperatures, which can reach 37°C, well above the ideal temperature range (25-31°C). This study aims to analyse the effectiveness of evaporative cooling in controlling greenhouse temperature. Simulations were conducted using Ansys Discovery software on an 8 m x 4 m x 4 m greenhouse model with vents in the walls and roof. The simulated airflow velocity varied from 0.9 m/s to 5 m/s. Results show that without evaporative cooling, the greenhouse temperature tends to be similar to the ambient temperature, which does not favour optimal growth of Eucalyptus. With evaporative cooling, the temperature inside the greenhouse can be reduced to 26-28°C, especially at airflow velocities of 3 m/s or more. Evaporative cooling systems are proven to be effective in uniforming temperatures, making them a recommended solution to support the success of Eucalyptus nurseries in wet tropical regions.

Keywords : Eucalyptus, nursery, greenhouse, evaporative cooling, wet tropics

PENDAHULUAN

Industri kehutanan merupakan salah satu industri yang cukup menjanjikan khususnya pada daerah yang memiliki iklim tropika basah seperti Indonesia. Produksi kayu bulat (kayu glonggongan) di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 68,22 juta m³ (Badan Pusat Statistik, 2024). Salah satu jenis tanaman kehutanan yang biasa ditanam pada hutan tanaman industri (HTI) adalah Eukaliptus. Di Indonesia, tanaman eukaliptus dibudidayakan di Sumatera dan Kalimantan (Pribadi, 2016). Pohon Eukaliptus memiliki banyak manfaat. Pohon Eukaliptus menghasilkan minyak sebagai bahan dasar yang digunakan untuk aromaterapi (Fickri et al., 2020). Sebagai contoh lain, kayu pohon eukaliptus dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *Oriented Strands Board (OSB)* yaitu merupakan jenis papan kayu buatan yang dibuat dari serat-serat kayu tipis yang direkatkan dengan perekat dan dikompresi dalam tekanan serta suhu tinggi yang memiliki sifat fisis dan mekanis yang cukup baik (Nuryawan et al., 2008).

Proses pertumbuhan tanaman kehutanan akan melewati fase persemaian. Persemaian dapat dikatakan sebagai area untuk kegiatan proses benih menjadi bibit yang siap ditanam di lapangan. Kegiatan persemaian adalah salah satu kunci keberhasilan penanaman tanaman kehutanan (Ponisri et al., 2022). Kegiatan persemaian memiliki tantangan khususnya dalam melawan hama dan penyakit. Tanaman kehutanan seperti Eukaliptus rentan terhadap penyakit. Jamur *Fusarium sp* dapat menginfeksi bibit melalui media tanah. Patogen tersebut dapat menyebabkan bibit Eukaliptus mengalami pembusukan pada di lokasi persemaian (Arsensi & Mardji, 2008). Karena itu, persemaian dapat dilakukan pada rumah tanaman.

Namun rumah tanaman pada kawasan sub-tropis memiliki perbedaan dengan rumah tanaman pada kawasan beriklim tropika basah yang berfungsi sebagai bangunan perlindungan tanaman dari hujan, angin dan hama serta untuk mengurangi radiasi matahari berlebih serta mempermudah perawatan tanaman (Suhardiyanto, 2023). Pada rumah tanaman, suhu udara dapat meningkat sangat tinggi. Peningkatan suhu pada rumah tanaman diakibatkan adanya panas yang timbul dari berbagai macam sumber. Pemodelan kesetimbangan panas pada rumah tanaman biasanya dilakukan dengan dua pendekatan yaitu keadaan tunak yang berarti tidak dipengaruhi oleh waktu dan kondisi tidak tunak dimana keduanya dapat digambarkan sebagaimana dijelaskan pada Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{q}{k} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q}{\rho C_p} = 0 \quad (2)$$

Dimana T adalah suhu (K); x, y dan z adalah koordinat ruang (m); q adalah sumber panas volumetric (W/m^3); k adalah konduktivitas termal (W/mK); ρ densitas (kg/m^3); C_p adalah kapasitas panas jenis (J/kgK) dan α adalah difusivitas termal (m^2/s) (Versteeg & Malalasekera, 2007). Pada rumah tanaman iklim tropika basah, setidaknya terdapat empat macam sumber panas yaitu panas yang disebabkan oleh radiasi matahari, panas yang disebabkan oleh pertukaran udara dari dan keluar rumah tanaman, panas yang dipindahkan ke dalam tanah serta panas yang dipindahkan melalui bahan atap dan dinding rumah tanaman (Suhardiyanto, 2023). Suhu rumah tanaman di Indonesia khususnya di Cikabayan, Bogor dapat mencapai 40°C (Suhardiyanto et al., 2007) pada lokasi lain misalnya di Purwokerto suhu di dalam rumah tanaman dapat mencapai $43,68^\circ\text{C}$ (Az-zaky et al., 2020). Hal ini tidaklah ideal untuk persemaian tanaman Eukaliptus dimana sebagai acuan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Brondani et al., (2012) suhu dijaga hanya pada rentan antara $25\text{--}31^\circ\text{C}$ saja. Suhu harus dijaga seperti demikian dikarenakan suhu udara yang rendah pada daun dapat memberikan efek yang menguntungkan selama pengakaran stek. Suhu rendah dapat mengurangi respirasi, memperlambat laju kehilangan karbohidrat yang tersedia dan memungkingkan akumulasi gula yang penting untuk pembentukan akar dan mengurangi penuaan daun (Druege & Kadner, 2008). Untuk mendukung hal itu, maka suhu dalam rumah tanaman harus diturunkan dengan pengaturan ventilasi dan mekanisasi pendinginan.

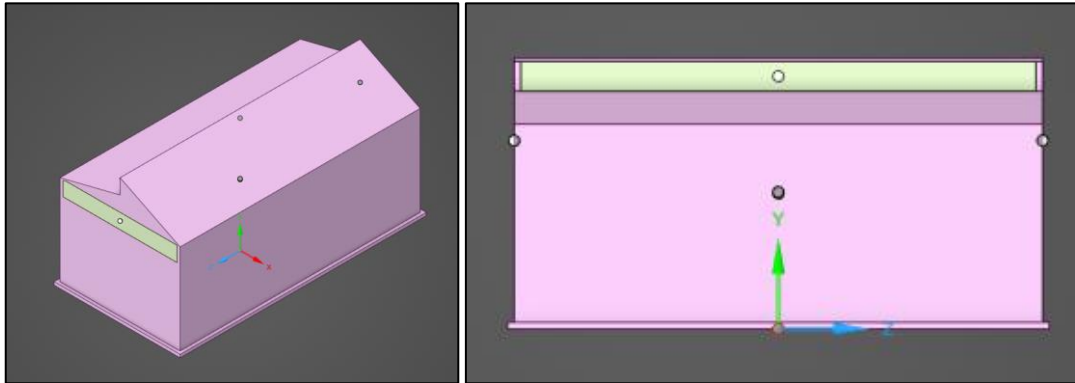
Mekanisasi pendinginan pada rumah tanaman dapat menggunakan pendinginan evaporatif (*Evaporative Cooling*) yaitu proses pendinginan udara yang menggunakan penguapan air untuk menurunkan suhu udara. Ketika air menguap, ia menyerap panas dari udara di sekitarnya, sehingga udara menjadi lebih dingin. Proses ini biasanya melibatkan aliran udara melalui bahan yang basah (seperti bantalan atau pelat) yang memfasilitasi penguapan (Watt, 1986).

Berdasarkan pemaparan di atas, maka diperlukan kajian mengenai pendinginan evaporatif pada rumah tanaman untuk persemaian tanaman Eukaliptus pada Kawasan beriklim tropika basah. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan Gambaran mengenai proses tersebut sebagai rekomendasi instalasi mekanisasi pendinginan pada rumah tanaman persemaian Eukaliptus.

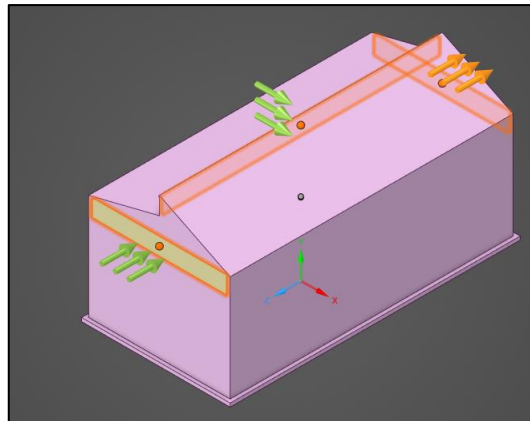
METODE PENELITIAN

Dimensi Model Rumah Tanaman

Penelitian dilakukan dengan mensimulasikan gerakan udara masuk dan keluar rumah tanaman menggunakan perangkat lunak *Ansys Discovery*. Rumah tanaman dibuat dengan panjang 8 m, lebar 4 m dan tinggi 4 m. Terdapat tiga bukaan yang berfungsi sebagai ventilasi yang terletak pada kedua sisi dinding dan pada bagian atas rumah tanaman. Model rumah tanaman dapat dilihat pada Gambar 1 serta lalu lintas udara pada rumah tanaman dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Geometri Rumah Tanaman



Gambar 2. Skenario Lalu Lintas Udara Masuk dan Keluar Rumah Tanaman

Metode Analisis serta Lokasi dan Waktu Acuan Model

Pengaplikasian pendingin evaporatif pada model adalah dengan mengubah kecepatan aliran masuk serta suhu yang dibawa oleh fluida. Suhu yang dibawa oleh fluida setelah melewati pendingin evaporatif dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$T_{output} = T_{db} - \eta \times (T_{db} - T_{wb}) \quad (3)$$

Dimana T_{output} adalah suhu yang dihembuskan pendingin evaporatif ($^{\circ}\text{C}$), η adalah efisiensi sistem evaporasi (%), T_{db} adalah suhu bola kering ($^{\circ}\text{C}$) dan T_{wb} adalah suhu bola basah ($^{\circ}\text{C}$). Suhu bola kering diasumsikan merupakan suhu yang tercatat oleh termometer. Suhu bola basah dihitung mengikuti Persamaan 4, Persamaan 5 dan Persamaan 6

$$P_{sat}(T) = 6,112e^{\left(\frac{17,62T}{243,12+T}\right)} \quad (4)$$

$$P_w = RH \times P_{sat}(T_{db}) \quad (5)$$

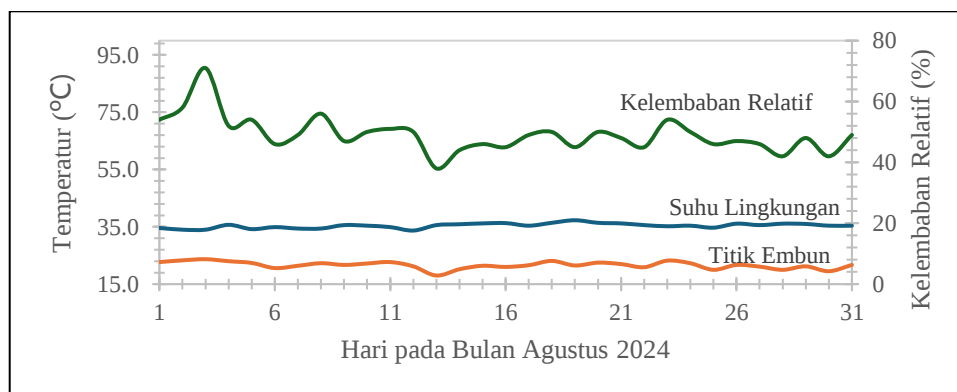
$$P_w = P_{sat}(T_{wb}) - \gamma \times P_{atm} \times (T_{db} - T_{wb}) \quad (6)$$

Dimana $P_{sat}(T)$ adalah fungsi tekanan uap jenuh pada kondisi suhu sama dengan T (hPa), P_w adalah tekanan uap aktual (hPa), RH adalah kelembaban relative (%), γ adalah konstanta psikrometrik ($\approx 0,00066$ hPa/ °C), P_{atm} adalah tekanan atmosfer (≈ 1013 hPa) T_{db} adalah suhu bola kering (°C) dan T_{wb} adalah suhu bola basah (°C). Pada tahap kalkulasi awal, besar nilai T_{wb} dapat diasumsikan mendekati nilai T_{dp} (Suhu Titik Embun, °C). Perhitungan dilakukan secara iterasi terus menerus dengan toleransi selisih $< 0,01$. Parameter lingkungan berupa suhu bola kering (suhu terbaca termometer), kelembaban relative dan suhu titik embun didapatkan dari stasiun cuaca seluler yang diletakan di jalan Carang Pulang, Dramaga, Bogor, Jawa Barat. Data diambil pada bulan Agustus 2024. Hal ini dilakukan dengan harapan pada bulan Agustus 2024 merupakan puncak musim kemarau. Perhitungan suhu bola basah dilakukan dengan bantuan program VB Excel dengan kode terlampir pada Lampiran 1. Hasil penelitian dianalisis berdasarkan gambaran sebaran suhu yang disimulasikan secara visual dengan indikasi semakin homogen suhu yang dihasilkan oleh pendingin evaporatif maka semakin baik kecepatan angin yang dihembuskan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kondisi Lingkungan Di Luar Rumah Tanaman

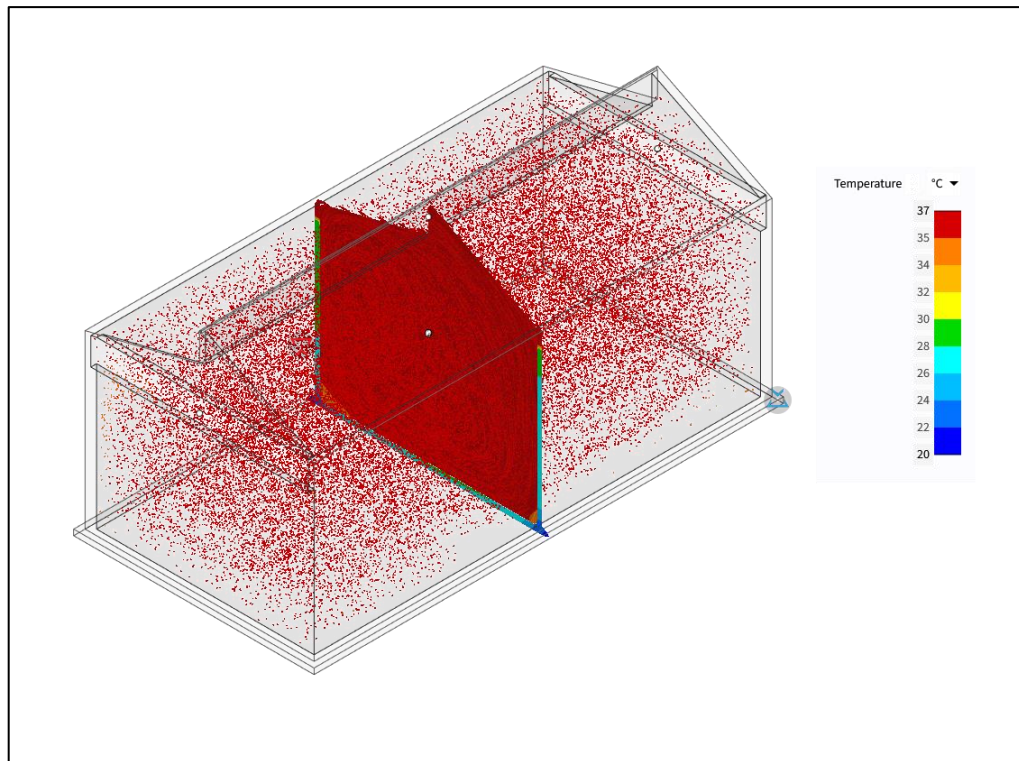
Pengukuran kondisi lingkungan menggunakan stasiun cuaca yang menghimpun data lingkungan sepanjang bulan Agustus 2024. Suhu lingkungan tertinggi yaitu sebesar 37,3°C; titik embun rata-rata sebesar 21,6 °C dan kelembaban relatif rata-rata adalah sebesar 49,1% dengan fluktuasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rekapitulasi Fluktuasi Kondisi Lingkungan

Sebaran Suhu Rumah Tanaman Tanpa Pendinginan Evaporatif

Rumah tanaman dimodelkan dengan keseluruhan komponen dianggap sama bermaterialkan kaca. Kecepatan angin masuk melalui ventilasi adalah 0,9 m/s dengan suhu yang dibawa oleh aliran angin dianggap sama dengan suhu maksimum lingkungan yaitu 37,3°C. Sebaran suhu pada rumah tanaman tanpa pendinginan evaporatif tersaji pada Gambar 4.

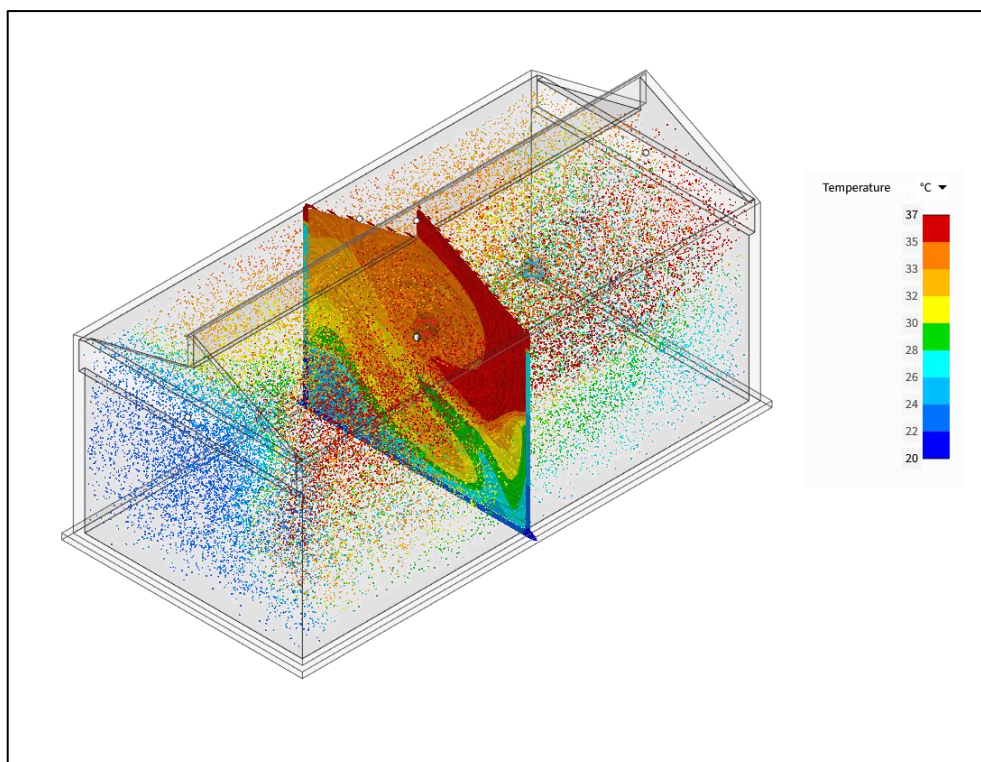


Gambar 4. Sebaran Suhu pada Rumah Tanaman Tanpa Pendinginan Evaporatif

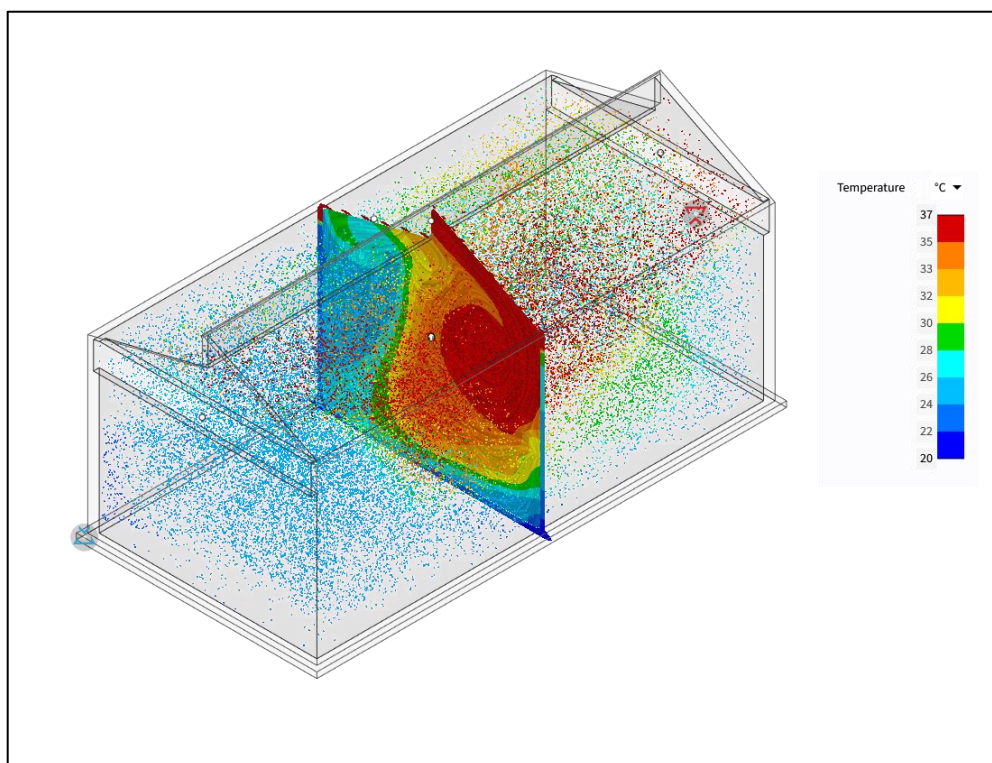
Pada Gambar 4, terlihat bahwa sebaran suhu pada rumah tanaman cukup merata dengan suhu tertinggi sebesar 37°C. Hal ini menandakan bahwa tanpa adanya pendinginan evaporatif suhu pada rumah tanaman sama dengan suhu lingkungan. Suhu pada ruangan rumah tanaman tidak cukup ideal untuk persemaian tanaman Eukaliptus dimana suhu yang disarankan adalah antara 25-31°C (Brondani et al., 2012).

Sebaran Suhu Rumah Tanaman dengan Pendinginan Evaporatif

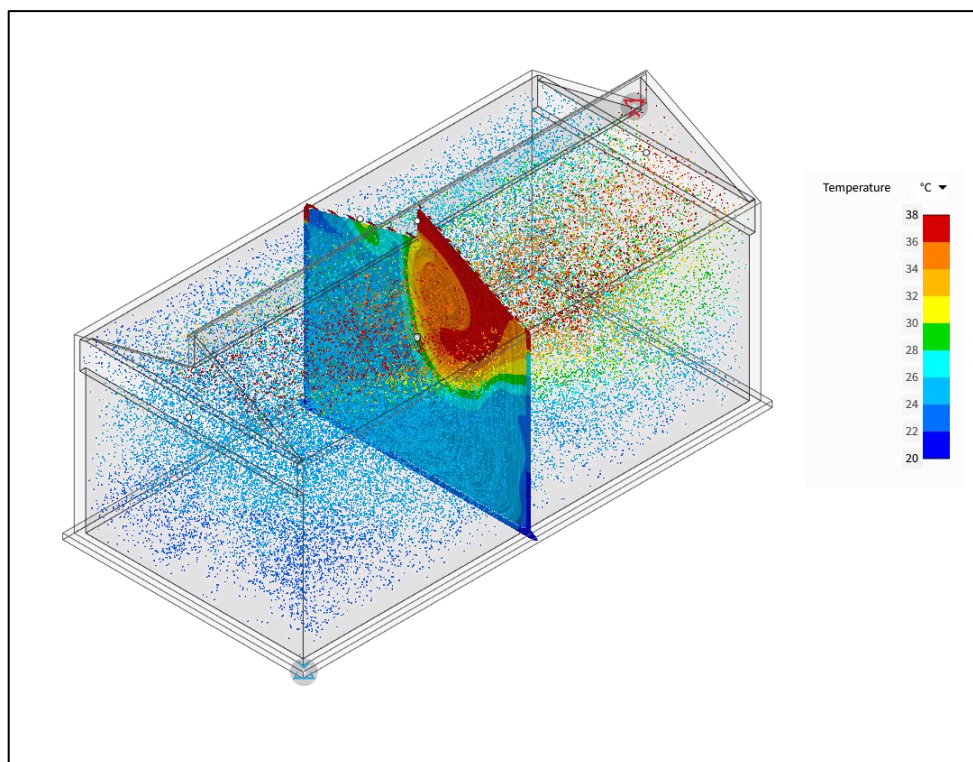
Pemodelan sebaran suhu di dalam rumah tanaman dengan menggunakan pendinginan evaporatif dilakukan dengan mengganti ventilasi masuk pada dinding rumah tanaman dengan pendingin evaporatif. Pendingin evaporatif disimulasikan dengan mengganti kecepatan aliran serta suhu yang dibawa oleh aliran sesuai dengan perhitungan mengikuti Persamaan 3. Pengaturan kecepatan aliran dibagi dengan lima scenario yaitu scenario pertama kecepatan aliran dianggap sama dengan kecepatan aliran ventilasi alamiah yaitu 0,9 m/s; skenario kedua dengan kecepatan 2,0 m/s; skenario ketiga dengan kecepatan 3,0 m/s; skenario keempat dengan kecepatan 4,0 m/s dan skenario kelima dengan kecepatan 5,0 m/s. Suhu bola basah berdasarkan perhitungan iteratif VBA Excel mengikuti Persamaan 4, Persamaan 5 dan Persamaan 6 adalah sebesar 20,6 °C dimana efisiensi sistem evaporasi dianggap 80%. Maka suhu yang dihembuskan oleh pendingin evaporatif adalah sebesar 23,94 °C. Simulasi sebaran suhu pada rumah tanaman dengan menggunakan pendinginan evaporatif dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9.



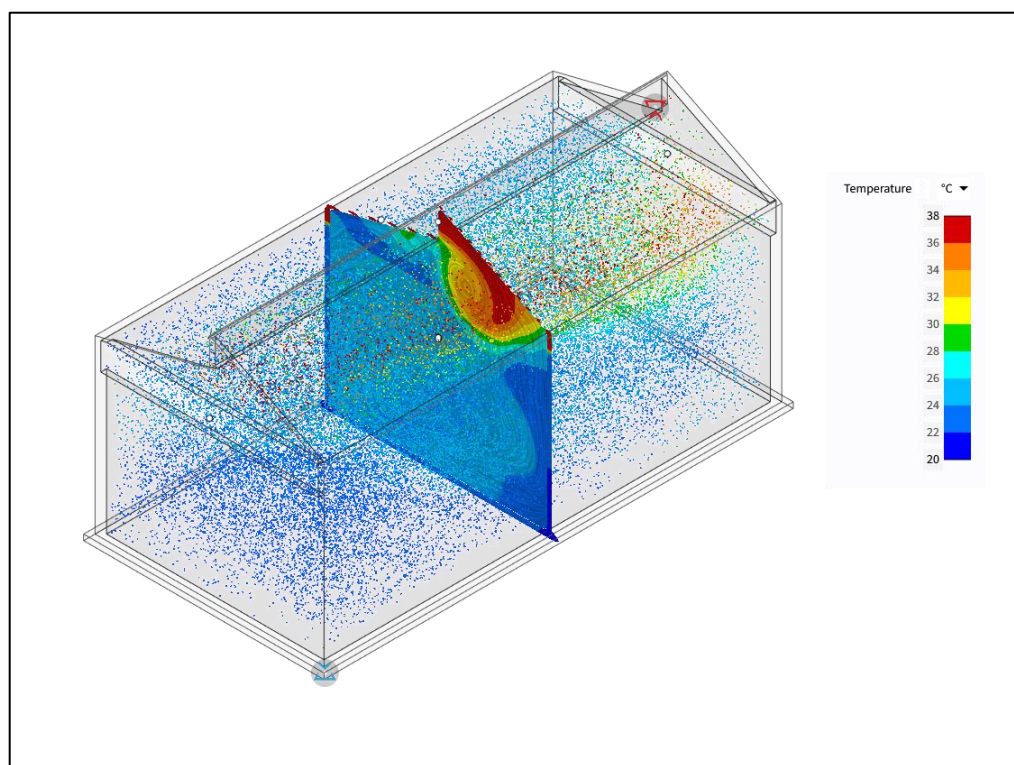
Gambar 5. Sebaran Suhu pada Rumah Tanaman Menggunakan Pendinginan Evaporatif dengan Kecepatan Aliran 0,9 m/s



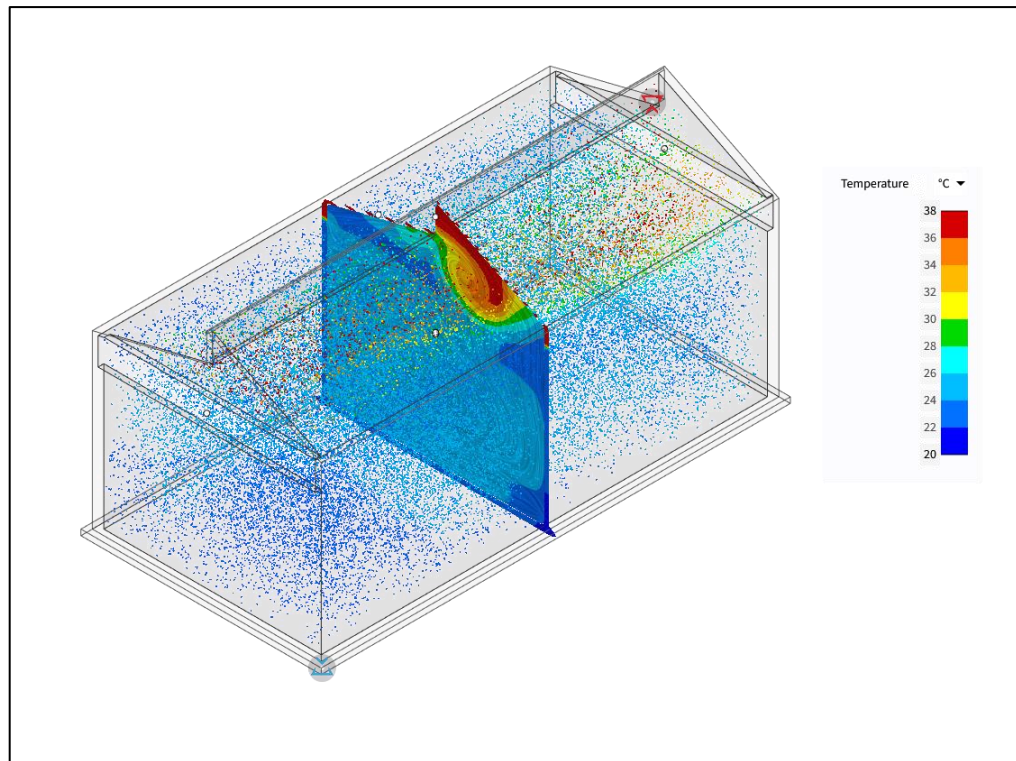
Gambar 6. Sebaran Suhu pada Rumah Tanaman Menggunakan Pendinginan Evaporatif dengan Kecepatan Aliran 2,0 m/s



Gambar 7. Sebaran Suhu pada Rumah Tanaman Menggunakan Pendinginan Evaporatif dengan Kecepatan Aliran 3,0 m/s



Gambar 8. Sebaran Suhu pada Rumah Tanaman Menggunakan Pendinginan Evaporatif dengan Kecepatan Aliran 4,0 m/s



Gambar 9. Sebaran Suhu pada Rumah Tanaman Menggunakan Pendinginan Evaporatif dengan Kecepatan Aliran 5,0 m/s

Pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9 diperlihatkan efek dari pendinginan evaporatif pada rumah tanaman dengan kecepatan aliran yang berbeda-beda. Pada kecepatan aliran 0,9 m/s dan 2,0 m/s, suhu di atas 30°C masih mendominasi sebaran suhu pada rumah tanaman. Belum terjadinya homogenitas sebaran suhu pada kondisi tersebut. Aliran suhu panas dari ventilasi atas masih cukup mendominasi ruangan. Pada kecepatan 3,0 m/s hingga 5,0 m/s, sebaran suhu dari pendinginan evaporatif sudah mulai menyebar secara merata kecuali pada bagian atas rumah tanaman yang masih didominasi oleh suhu panas akibat ventilasi alamiah. Suhu udara sudah mulai seragam pada zona persemaian dengan suhu tertinggi berada pada kisaran 26-28°C, suhu ini sudah termasuk pada suhu rekomendasi persemaian tanaman eukaliptus.

KESIMPULAN

Kecepatan udara masuk melalui pendinginan evaporatif cukup berpengaruh terhadap homogenitas sebaran suhu pada rumah tanaman. Peningkatan kecepatan aliran di atas 3,0 m/s melalui pendinginan evaporatif dapat menyeragamkan suhu ruangan sesuai dengan kebutuhan persemaian tanaman Eukaliptus. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan pendinginan evaporatif dengan kecepatan aliran udara yang tepat dapat mendukung kondisi optimal bagi persemaian tanaman Eukaliptus, sehingga meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pengelolaan rumah tanaman di iklim tropika basah.

DAFTAR PUSTAKA

Arsensi, I., & Mardji, D. (2008). Identifikasi patogen penyebab busuk batang pada bibit *Eucalyptus pellita* di persemaian. *Ulin - Jurnal Hutan Tropis*, 2(1), 21–25.

- Az-zaky, I. N., Sumarni, E., & Hardanto, A. (2020). Distribusi suhu udara pada greenhouse dengan aplikasi air conditioning (AC) menggunakan computational fluid dynamics (CFD). *Jaber: Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(2), 71–83.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik produksi kehutanan 2023* (vol. 12). Badan Pusat Statistik.
- Brondani, G. E., Baccarin, F. J. B., de Wit Ondas, H. W., Stape, J. L., Gonçalves, A. N., & Almeida, M. D. (2012). Low temperature, IBA concentrations and optimal time for adventitious rooting of *Eucalyptus benthamii* mini-cuttings. *Journal of Forestry Research*, 23(4), 583–592. <https://doi.org/10.1007/s11676-012-0298-5>
- Druege, U., & Kadner, R. (2008). Response of post-storage carbohydrate levels in pelargonium cuttings to reduced air temperature during rooting and the relationship with leaf senescence and adventitious root formation. *Postharvest Biology and Technology*, 47(1), 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.06.008>
- Fickri, D. Z., Putri, A. D. S., Nurjannah, A. S., & Fadilah, N. (2020). Pemanfaatan minyak *Eucalyptus* secara inhalasi sebagai upaya menurunkan paparan covid-19 di Desa Sumberjati—Mojokerto. *Prociding Seminar Nasional Abdimas Ma Chung*, 349–354.
- Nuryawan, A., Massijaya, M. Y., & Hadi, Y. S. (2008). Sifat fisis dan mekanis *Oriented Strands Board* (OBS) dari akasia, ekaliptus dan gmelina berdiameter kecil: pengaruh jenis kayu dan macam aplikasi perekat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 1(2), 60–66.
- Ponisri, P., Farida, A., & Nanlohy, L. H. (2022). Pelatihan pembuatan persemaian dan cabutan anakan alam di Kampung Kasih Kabupaten Sorong. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 4(1), 51–57. <https://doi.org/10.33506/pjcs.v4i1.1546>
- Pribadi, A. (2016). Hutan tanaman industri jenis *Eucalyptus* sp. sebagai pakan lebah madu di Riau. *Info Teknis Eboni*, 13(2), 105–118.
- Suhardiyanto, H. (2023). *Teknologi rumah tanaman untuk iklim tropika basah: Pemodelan dan pengendalian lingkungan Edisi II*. IPB Press.
- Suhardiyanto, H., Chairin, Y., Nuryawati, T., & Romdhonah, Y. (2007). Analisis sudut datang radiasi matahari untuk pengembangan model pindah panas pada rumah kaca di daerah tropika. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 21(1), 57–66.
- Sukmayana, D. (2023). Analisis potensi pasar global bagi produk kehutanan: Peluang dan tantangan bagi pengusaha bisnis kayu dan hasil hutan lainnya. *Komitmen: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 4(2), 274–285. <https://doi.org/10.15575/jim.v4i2.30422>
- Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics: The finite volume method* (2. Ed., [nachdr.]). Pearson/Prentice Hall.
- Watt, J. R. (1986). *Evaporative air conditioning handbook*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2259-7>

LAMPIRAN

Kode VBA Excel untuk menghitung suhu bola basah

' Kode ini dibuat oleh Baskoro Tri Julianto, S.T., M.T. yang digunakan untuk keperluan penelitian, pengajaran dan pengabdian pada masyarakat

```
Sub CalculateWetBulbTemp()
    ' Deklarasi variabel
    Dim T_db As Double
    Dim T_dp As Double
    Dim RH As Double
    Dim T_wb As Double
    Dim P_atm As Double
    Dim resultMsg As String

    On Error Resume Next
    T_db = Application.InputBox("Masukkan Suhu Bola Kering (°C):", "Input Data",
Type:=1)
    If T_db = False Then Exit Sub

    T_dp = Application.InputBox("Masukkan Titik Embun (°C):", "Input Data",
Type:=1)
    If T_dp = False Then Exit Sub

    RH = Application.InputBox("Masukkan Kelembapan Relatif (%)ate", "Input Data",
Type:=1)
    If RH = False Then Exit Sub
    On Error GoTo 0

    If T_db <= T_dp Or RH > 100 Or RH < 0 Then
        MsgBox "Input tidak valid. Pastikan T_db > T_dp dan RH antara 0-100%.",
vbExclamation, "Kesalahan Input"
        Exit Sub
    End If

    ' Tekanan atmosfer (dalam hPa, default 1013)
    P_atm = 1013 ' Sesuaikan jika tekanan atmosfer berbeda

    ' Hitung suhu bola basah
    T_wb = WetBulbTemp(T_db, T_dp, RH, P_atm)

    ' Tampilkan hasil
    resultMsg = "Hasil Perhitungan:" & vbCrLf
    resultMsg = resultMsg & "Suhu Bola Kering (T_db): " & Format(T_db, "0.00") &
" °C" & vbCrLf
    resultMsg = resultMsg & "Titik Embun (T_dp): " & Format(T_dp, "0.00") & " °C"
& vbCrLf
    resultMsg = resultMsg & "Kelembapan Relatif (RH): " & Format(RH, "0.00") & "
%" & vbCrLf
    resultMsg = resultMsg & "Suhu Bola Basah (T_wb): " & Format(T_wb, "0.00") &
" °C"

    MsgBox resultMsg, vbInformation, "Hasil Perhitungan Suhu Bola Basah"
End Sub

Function P_sat(T As Double) As Double
```

```
' Fungsi untuk menghitung tekanan uap jenuh (P_sat) dalam hPa
P_sat = 6.112 * Exp((17.62 * T) / (243.12 + T))
End Function
```

```
Function WetBulbTemp(T_db As Double, T_dp As Double, RH As Double, P_atm
As Double) As Double
```

```
' Menghitung suhu bola basah menggunakan iterasi
Dim P_w As Double
Dim gamma As Double
Dim T_wb As Double
Dim P_sat_wb As Double
Dim P_w_calculated As Double
Dim tolerance As Double
Dim max_iterations As Integer
Dim iteration As Integer
```

```
' Parameter dan konstanta
gamma = 0.00066 ' Konstanta psikrometrik (°C^-1)
tolerance = 0.01 ' Toleransi untuk iterasi
max_iterations = 100 ' Iterasi maksimum
iteration = 0
```

```
' Hitung tekanan uap aktual berdasarkan titik embun
P_w = P_sat(T_dp)
```

```
' Inisialisasi suhu bola basah dengan perkiraan awal
T_wb = T_dp
```

```
' Iterasi untuk menghitung suhu bola basah
Do While iteration < max_iterations
    P_sat_wb = P_sat(T_wb)
    P_w_calculated = P_sat_wb - gamma * P_atm * (T_db - T_wb)
```

```
    If Abs(P_w_calculated - P_w) < tolerance Then
        Exit Do
    End If
```

```
    T_wb = T_wb - 0.01 ' Adjust T_wb
    iteration = iteration + 1
Loop
```

```
' Hasil suhu bola basah
WetBulbTemp = T_wb
End Function
```