



Monitoring VPD (*Vapor Pressure Deficit*) Pada Greenhouse dengan Ventilasi Alamiah

Monitoring of Vapor Pressure Deficit (VPD) in a Naturally Ventilated Greenhouse

Muhammad Ivanka Apriyatama¹, Ahmad Tusi^{1*}, Winda Rahmawati¹. Diding Suhandy¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*Corresponding Author: ahmad.tusip@fp.unila.ac.id

Abstract. Greenhouses with natural ventilation face challenges in stabilizing microclimate conditions, especially in regulating air temperature and humidity, which influence the Vapor Pressure Deficit (VPD). This study evaluated the effectiveness of misting (fogging) at different heights to control VPD in a naturally ventilated greenhouse. The experiment, conducted at the Department of Agricultural Engineering, University of Lampung, involved three treatments: no fogging (T1F0), fogging at 50 cm (T2F50), and fogging at 100 cm (T3F100) above the plant canopy. Temperature and humidity were monitored using DHT22 sensors and a hygrometer to calculate VPD values. Results showed that fogging at 50 cm (T2F50) reduced VPD to an average of 0.97 kPa, within the optimal range (0.5–1.2 kPa) for plant growth. In contrast, no fogging produced the highest VPD (2.17 kPa), potentially causing plant stress. Statistical analysis confirmed a significant effect of fogging height, with 50 cm identified as the most effective strategy for VPD control in small ventilated greenhouse.

Keywords: Vapor Pressure Deficit (VPD), Greenhouse, Natural ventilation, Fogging, temperature, Humidity, Precision agriculture.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan bagian dari benua maritim yang ditandai oleh daratan yang dikelilingi laut, sehingga aktivitas konveksi di wilayah ini menjadi bagian dari sirkulasi atmosfer global (Nuryanto, 2012). Pada daerah beriklim tropis, suhu di dalam greenhouse cenderung meningkat, bahkan sering kali melebihi batas toleransi optimal bagi pertumbuhan tanaman. Kondisi

lingkungan yang panas dan lembap sepanjang tahun, ditambah dengan rendahnya kecepatan angin, menyebabkan sirkulasi udara di greenhouse berkurang. Akibatnya, perbedaan suhu antara bagian dalam greenhouse dan udara luar menjadi cukup besar (Widyarti et al., 2004).

Pengendalian iklim mikro, khususnya suhu dan kelembapan, sangat penting agar pertumbuhan tanaman tetap optimal. Kedua parameter ini berhubungan langsung dengan nilai *Vapor Pressure Deficit* (VPD). VPD yang tinggi mendorong peningkatan transpirasi dan penyerapan hara sehingga metabolisme tanaman berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, VPD yang terlalu rendah akan menekan laju transpirasi sehingga pertumbuhan tanaman terhambat (Iwaniak, 2021). Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian VPD di dalam greenhouse ber-ventilasi alami menjadi krusial.

Tekanan udara sebagai bagian dari parameter iklim juga berperan penting, baik dalam sirkulasi massa udara maupun distribusi curah hujan (Siswanti, 2011). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa sebagian besar tanaman tumbuh optimal pada VPD antara 0,5–0,8 kPa (Bakker, 1991). Zhang et al. (2017) menambahkan bahwa kisaran ideal VPD adalah 0,5–1,2 kPa, namun kebutuhan spesifik bergantung pada fase pertumbuhan: sekitar 0,8 kPa untuk klon, 1,0 kPa untuk fase vegetatif, serta 1,2–1,5 kPa untuk fase generatif.

Berdasarkan urgensi pengelolaan iklim mikro yang tepat guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi budidaya sayuran daun di daerah tropis seperti Indonesia, penelitian ini difokuskan pada kegiatan monitoring dan analisis VPD di dalam *greenhouse* dengan ventilasi alami. Hasil penelitian diharapkan dapat menyediakan data mikroklimat yang lebih presisi sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem pertanian presisi, sekaligus menjadi referensi untuk pengembangan teknologi pengendalian iklim yang adaptif dan berkelanjutan.

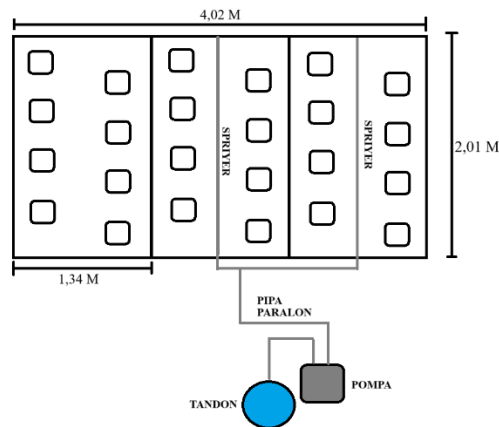
2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 14 hari pada periode November 2024–Februari 2025 di greenhouse Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Alat yang digunakan meliputi ember penggaris, pisau, tampah, paralon, plastik bening UV, gunting, polibag, sprayer, pompa air, mikrokontroler dengan sensor suhu dan kelembapan (DHT22) terintegrasi Arduino, serta hygrometer untuk validasi pengukuran. Data iklim eksternal diperoleh dari terminal sensor dan aplikasi BMKG. Adapun bahan penelitian meliputi tanaman kangkung, tanah, kompos, dan air.

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan percobaan dengan tiga perlakuan ketinggian fogging: 1) Tanaman Tanpa *fogging* (T1F0), 2) *Fogging* dengan ketinggian 50 cm dari atas kanopi tanaman (T2F50), 3) *Fogging* dengan ketinggian 100 cm dari atas kanopi tanaman (T3F100).

Ketiga perlakuan ditempatkan dalam satu greenhouse ber-ventilasi alami dengan tiga petak berukuran sama. Setiap petak dipisahkan menggunakan plastik UV agar kondisi mikroklimat lebih terisolasi seperti terlihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Denah *Greenhouse* (Tampak atas)

2.2 Sistem Monitoring

Pengukuran suhu dan kelembapan dilakukan menggunakan sensor DHT22 (Gambar 2) yang dipasang pada masing-masing petak, sedangkan suhu dan kelembapan di luar greenhouse diukur menggunakan hygrometer. Sensor dikalibrasi dan divalidasi terlebih dahulu untuk memastikan akurasi pembacaan. Data dicatat setiap 2 menit secara otomatis.

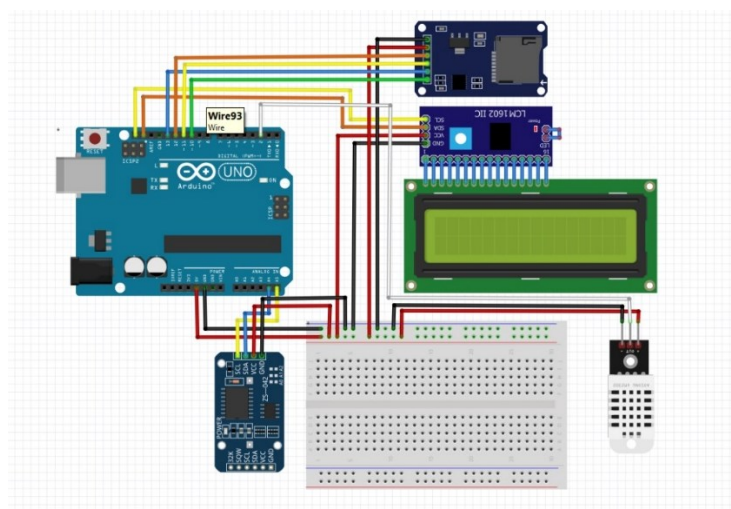
Nilai Vapor Pressure Deficit (VPD) dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$SVP = 0.6108 \exp \left(\frac{17.27T}{T+237.3} \right) \quad (1)$$

$$AVP = SVP \frac{RH}{100} \quad (2)$$

$$VPD = SVP - AVP \quad (3)$$

dimana SVP adalah tekanan uap jenuh (kPa), AVP adalah tekanan uap aktual (kPa), T adalah suhu udara (°C), dan RH adalah kelembapan relatif (%).



Gambar 2. Skematik sistem monitoring

2.3 Pelaksanaan dan Analisa Data Penelitian

Tahapan penelitian meliputi: 1) Pembuatan sketsa perlakuan untuk menentukan tata letak petak,

jalur distribusi sprayer, dan posisi sensor; 2) Pemasangan alat berupa plastik UV sebagai penyekat antarpetak dan instalasi sistem sprayer sesuai perlakuan; 3) Kalibrasi dan validasi sensor DHT22 menggunakan alat bantu hygrometer sebelum pengamatan.; 4) Uji kinerja sensor di lapangan untuk memastikan keandalan data.; dan 5) Pengukuran suhu dan kelembapan secara otomatis dengan DHT22 di dalam greenhouse serta manual dengan hygrometer di luar greenhouse (Gambar 3).



Gambar 3. Proses Pengukuran Pengamatan

Adapun parameter utama yang diamati dalam penelitian ini adalah suhu udara ($^{\circ}\text{C}$), kelembapan relatif (%), dan nilai VPD (kPa). Data dicatat setiap 2 menit selama periode penelitian.

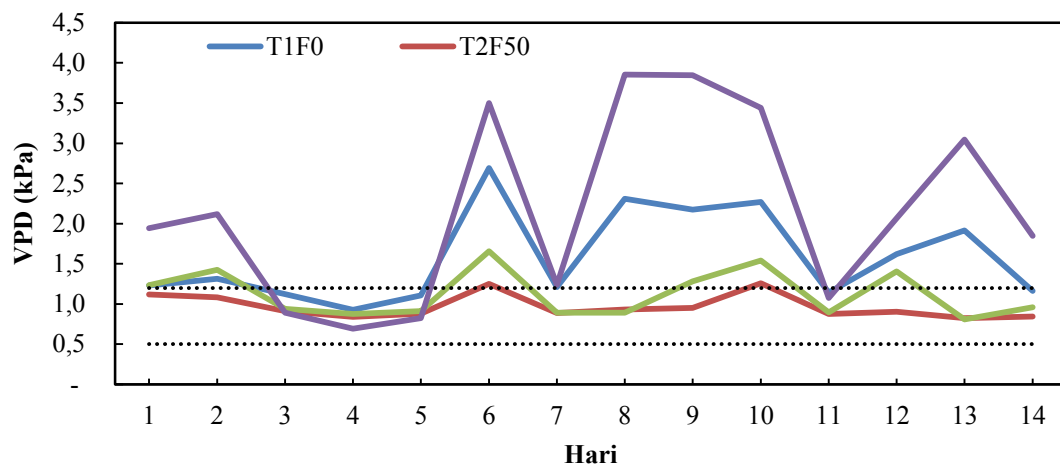
Data suhu dan kelembapan diolah untuk menghitung VPD pada setiap perlakuan. Hasil VPD kemudian dianalisis menggunakan ANOVA, dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh ketinggian fogging terhadap VPD.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data VPD Greenhouse dan VPD Luar Greenhouse

Penelitian dilakukan di Greenhouse Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Parameter utama yang diamati adalah Vapor Pressure Deficit (VPD), yang berperan penting dalam mengatur proses transpirasi, penyerapan air, dan pertumbuhan tanaman. Tanaman uji berupa kangkung, ditanam dalam greenhouse dengan ventilasi alami dan diberi tiga perlakuan berbeda, yaitu: (1) tanpa sprayer, (2) sprayer pada ketinggian 50 cm dari kanopi, dan (3) sprayer pada ketinggian 100 cm dari kanopi.

Sprayer digunakan untuk menurunkan suhu dan meningkatkan kelembapan udara, sehingga VPD dapat dikendalikan. Zhang et al. (2017) menyebutkan bahwa kisaran VPD optimal untuk tanaman greenhouse berada antara 0,5–1,2 kPa, sedangkan Bakker (1991) menekankan bahwa sebagian besar tanaman tumbuh baik pada VPD 0,5–0,8 kPa. Nilai yang lebih rendah dari 0,5 kPa dapat menurunkan transpirasi dan meningkatkan risiko kondensasi, sedangkan nilai di atas 1,2 kPa berpotensi menyebabkan transpirasi berlebihan dan stres air pada tanaman.



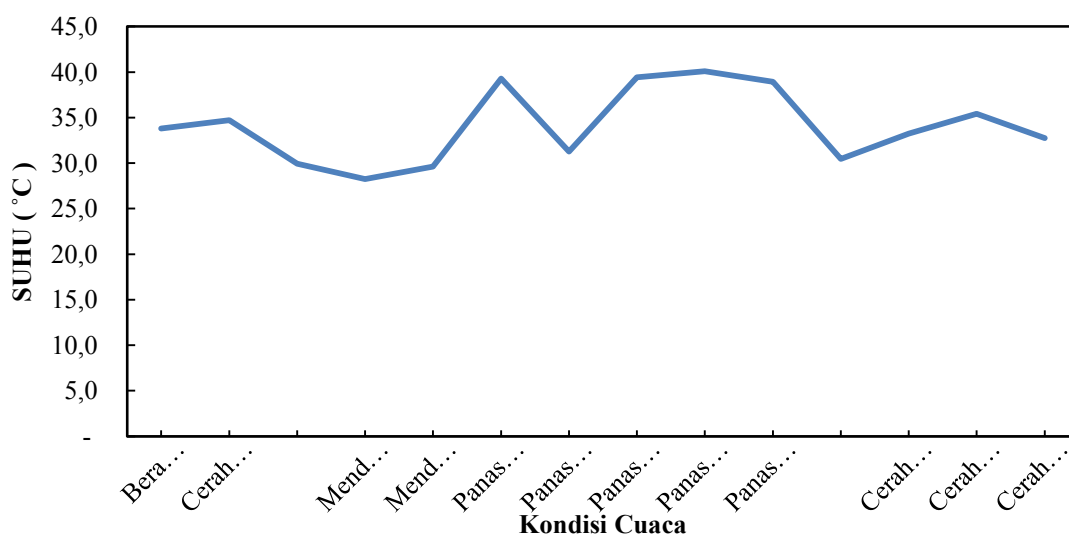
Gambar 4. Grafik VPD Luat dan Dalam Greenhouse (garis putus-putus menunjukkan kondisi VPD optimal bagi tanaman)

Gambar 4 menunjukkan bahwa perlakuan tanpa sprayer menghasilkan rata-rata VPD sebesar 1,59 kPa, jauh di atas batas optimal. Sprayer pada ketinggian 100 cm menurunkan VPD hingga 1,3 kPa, meskipun masih berada sedikit di atas kisaran ideal. Sementara itu, perlakuan sprayer 50 cm terbukti paling efektif dengan rata-rata VPD 0,97 kPa, yang berada dalam kisaran optimal. Hal ini mengindikasikan bahwa posisi sprayer berpengaruh nyata terhadap pengendalian VPD dan menciptakan kondisi iklim mikro yang lebih mendukung pertumbuhan kangkung di dalam greenhouse.

3.2 Kondisi Cuaca Pengamatan

Faktor iklim yang memengaruhi suhu dan kelembapan antara lain sudut datang matahari, ketinggian tempat, kecepatan angin, lama penyinaran, dan keberadaan awan. Namun, karena Indonesia beriklim tropis isothermal, fluktuasi suhu musiman relatif kecil. Variasi suhu lebih dipengaruhi oleh elevasi; suhu maksimum menurun sekitar 0,6 °C dan suhu minimum sekitar 0,5 °C untuk setiap kenaikan 100 m elevasi (Massinai et al., 2011).

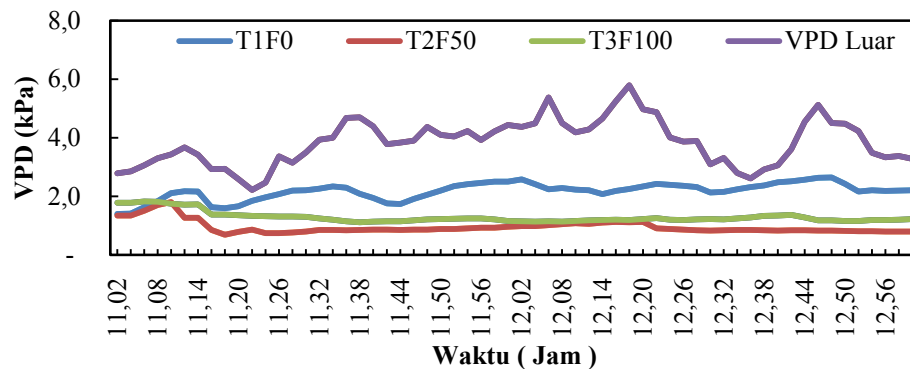
Selama penelitian, kondisi cuaca terbagi menjadi dua tipe utama, yaitu hari dengan cuaca panas terik dan hari mendung. Pada hari terik, intensitas radiasi matahari tinggi sehingga suhu meningkat dan kelembapan menurun, menyebabkan VPD dalam greenhouse lebih tinggi. Sebaliknya, pada hari mendung suhu lebih rendah, kelembapan meningkat, dan VPD cenderung berada dalam kisaran optimal.



Gambar 5. Suhu cuaca pengamatan

3.2.1 Cuaca Panas Terik

Pada kondisi panas terik, suhu rata-rata mencapai 40,11 °C dengan kelembapan relatif 48,92%. Nilai VPD rata-rata yang diperoleh pada kondisi tanpa sprayer sebesar 2,17 kPa; dengan sprayer 50 cm: 0,95 kPa; dan sprayer 100 cm sebesar 1,28 kPa.



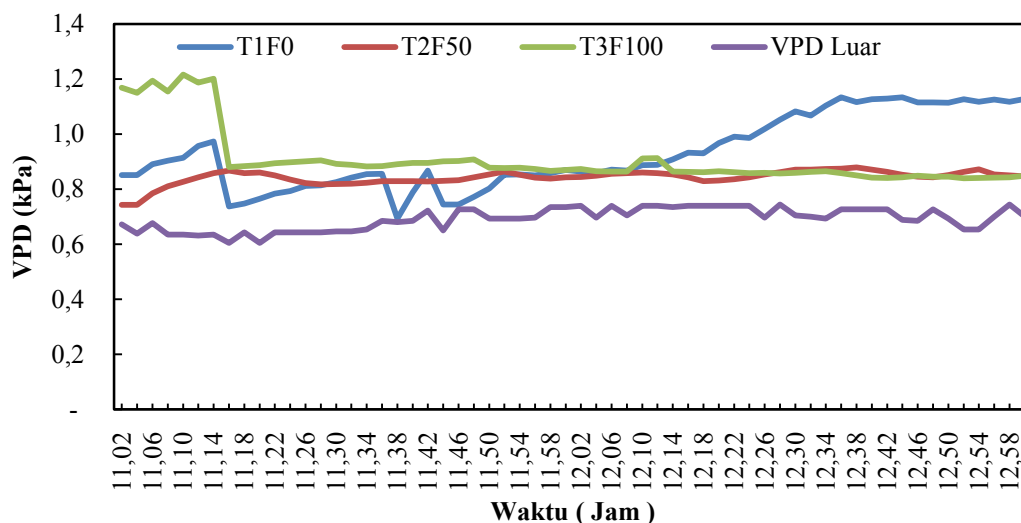
Gambar 6. Grafik cuaca panas terik

Gambar 6 menunjukkan bahwa kondisi greenhouse tanpa sprayer memiliki nilai VPD yang jauh melampaui batas optimal dan berpotensi menyebabkan stres air pada tanaman. Adapun sprayer pada ketinggian 100 cm menurunkan VPD, namun masih sedikit di atas kisaran yang disarankan. Sedangkan perlakuan sprayer 50 cm terbukti paling efektif dengan nilai 0,95 kPa, sesuai dengan rekomendasi Zhang et al. (2017). Dengan demikian, pengaturan posisi sprayer pada ketinggian rendah lebih mampu menciptakan kondisi mikroklimat yang ideal saat cuaca panas ekstrem pada greenhouse berventilasi dengan ukuran kecil.

3.2.2 Cuaca Mendung

Pada kondisi mendung, suhu rata-rata turun menjadi 28,26 °C. Nilai VPD rata-rata yang diperoleh seluruhnya berada dalam kisaran optimal seperti berikut ini: 1) Kondisi tanpa sprayer: 0,93 kPa; 2) Sprayer 50 cm: 0,88 kPa; dan 3) Sprayer 100 cm: 0,89 kPa.

Gambar 7 mengilustrasikan bahwa pada saat mendung, perbedaan antar perlakuan tidak terlalu signifikan karena kondisi lingkungan luar sudah mendukung terciptanya iklim mikro optimal di dalam greenhouse. Dengan kata lain, faktor cuaca eksternal memegang peranan penting dalam menentukan efektivitas pengendalian VPD, sehingga pengaturan sprayer lebih krusial pada saat kondisi panas terik dibandingkan saat mendung.



Gambar 7 Cuaca mendung

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penggunaan sprayer pada berbagai ketinggian terhadap pengendalian *Vapor Pressure Deficit* (VPD) di dalam greenhouse dengan ventilasi alamiah, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai VPD di dalam greenhouse sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca luar. Pada cuaca panas terik, nilai VPD cenderung tinggi, sedangkan pada cuaca mendung nilainya berada dalam kisaran optimal.
2. Perlakuan tanpa sprayer menghasilkan VPD rata-rata sebesar 1,59 kPa, yang berada di atas ambang optimal dan berpotensi menyebabkan stres pada tanaman.
3. Penggunaan sprayer pada ketinggian 100 cm dari kanopi tanaman mampu menurunkan VPD menjadi rata-rata 1,3 kPa, meskipun masih sedikit di atas kisaran ideal.
4. Perlakuan terbaik diperoleh dengan penggunaan sprayer pada ketinggian 50 cm dari kanopi tanaman, yang menurunkan VPD hingga rata-rata 0,97 kPa, berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan tanaman.

Dengan demikian, pengaturan sprayer pada ketinggian 50 cm dari kanopi tanaman terbukti lebih efektif dalam menjaga kondisi mikroklimat greenhouse yang berukuran kecil dengan ventilasi alami, agar sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman.

4.2 Saran

1. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan durasi pengamatan yang lebih panjang untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif terkait dinamika VPD pada berbagai musim.
2. Disarankan untuk mengintegrasikan sistem sprayer dengan monitoring otomatis berbasis sensor dan mikrokontroler agar pengendalian iklim mikro lebih presisi dan adaptif.
3. Kajian terhadap jenis tanaman lain serta variasi fase pertumbuhan perlu dilakukan untuk memperluas penerapan hasil penelitian ini pada sistem budidaya di greenhouse.

Daftar Pustaka

- Bakker, J.C. Analysis of Humidity Effects on Growth and Production of Glasshouse Fruit Vegetables. Ph.D. Dissertation, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1991; p. 155.
- Iwaniak, A, Janczukowicz, W, J. Tren baru dalam Teknik lingkungan, pertanian, produksi pangan, dan analisis. Aplikasi sains. 2012, 11, 2745.
- Massinai, M. A., Hasanah, N., & Prodi, N. (2011). Analisis Perubahan Suhu Udara Permukaan Kota Makassar , 2-3. Melo, O. E. (2012). Komputerisasi Smart Greenhouse untuk Budidaya Tanaman Bunga Krisan , 18.
- Nuryanto, D.E. 2012. Keterkaitan Antara Monsun Indo-Australia Dengan Variabilitas Musim Curah Hujan di Benua Maritim Indonesia Secara Spasial Berbasis Hasil Analisis Data Satelit TRMM. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 13(2):91-102.
- Siswanti, K.Y. 2011. Model Fungsi Transfer Multivariat dan Aplikasinya untuk Meramalkan Curah Hujan Di Kota Yogyakarta. Skripsi. Yogyakarta : FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Widyarti, M. Suhardiyanto, H. & Muliawati, I, S. (2004). Analisis laju ventilasi alam pada single span greenhouse, Cikabayan, Kampus IPB Darmaga, Jurnal Keteknik Pertanian, 18 (1).
- Zhang, D.; Du, Q.; Zhang, Z.; Jiao, X.; Song, X.; Li, J. Vapour pressure deficit control in relation to water transport and water productivity in greenhouse tomato production during summer. Sci. Rep. 2017, 7, 43461.