



Kajian respons kualitas *dissolved oxygen* pada sistem *smart watering* dan *autopot* akibat pengaruh perubahan suhu lingkungan

Study of dissolved oxygen quality response in smart watering and autopot systems due to the effect of changes in environmental temperature

Chaerul Amin^{1*}, Sophia Dwiratna N.P¹, Kharistya Amaru¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, FTIP, Universitas Padjadjaran Sumedang, Jawa Barat, Indonesia

*corresponding author: erulamin22@gmail.com

Received: 24th January, 2023 | accepted: 07th June, 2023

ABSTRAK

Hidroponik adalah sistem bercocok tanam pertanian yang tidak menggunakan media tanah melainkan menggunakan media air yang mengandung larutan nutrisi. Tujuan penelitian ini adalah mengukur dan mengamati kadar oksigen terlarut dalam Sistem *Smart Watering* Unpad dan *Autopot* yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode analisis deskriptif yaitu mengukur, mengamati, menghitung, dan menganalisis data kuantitatif pada instalasi hidroponik *Smart Watering* Unpad dan *Autopot*. Fertisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Smart Watering* Unpad dan *Autopot* dengan parameter yang diamati adalah suhu lingkungan, *dissolved oxygen*, dan hubungan antara suhu lingkungan dan *Dissolved Oxygen* selama 30 hari pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respons kadar oksigen terlarut dipengaruhi oleh suhu lingkungan pada sistem SWU 01 Selada, SWU 02, SWU 03, dan SWU 01 Paprika memiliki arah hubungan yang NEGATIF. Sistem *Autopot* merupakan satu-satunya instalasi yang memiliki perubahan POSITIF dalam hubungan kadar oksigen terlarut yang dipengaruhi antara suhu lingkungan. *Autopot* merupakan instalasi hidroponik yang dapat menjaga ketersediaan kadar oksigen terlarut pada larutan nutrisi. Instalasi *Smart Watering* Unpad 02 dapat menjaga ketersediaan kadar oksigen terlarut pada larutan nutrisi dibandingkan dengan instalasi lain pada jenis sistem *Smart Watering* Unpad.

Kata kunci: *Autopot*; Hidroponik; Kadar Oksigen Terlarut; *Smart Watering* Unpad; Suhu Lingkungan.

ABSTRACT

Hydroponics is an agricultural farming system that does not use soil media but uses water media containing nutrient solutions. The purpose of this research is to measure and observe dissolved oxygen levels in the Smart Watering Unpad and Autopot Systems that have never been done before. The research was conducted using descriptive analysis method that is measuring, observing, calculating, and analysing quantitative data on hydroponic installations Smart Watering Unpad and Autopot. The fertigation used in this study were Smart Watering Unpad and Autopot with the parameters observed were ambient temperature, dissolved oxygen, and the relationship between ambient temperature and Dissolved Oxygen for 30 days of observation. The results showed that the response of dissolved oxygen levels was influenced by environmental temperature in the SWU 01 Lettuce, SWU 02, SWU 03, and SWU 01 Paprika systems had a NEGATIVE relationship direction. The Autopot system is the only installation that has a POSITIVE change in the relationship of dissolved oxygen levels influenced by ambient temperature. Autopot is a hydroponic installation that can maintain the availability of dissolved oxygen levels in the nutrient solution. The Smart Watering Unpad 02 installation can maintain the availability of dissolved oxygen levels in the nutrient solution compared to other installations in the Smart Watering Unpad system type.

Keywords: Ambient Temperature; Autopot; Dissolved Oxygen; Hydroponics; Smart Watering Unpad

PENDAHULUAN/INTRODUCTION

Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman yang tidak menggunakan tanah sebagai substrat melainkan menggunakan larutan nutrisi dengan atau media buatan sebagai media bercocok tanam (Savitri et al., 2020). Hidroponik memiliki dua jenis sistem fertigasi yaitu bersirkulasi dan tidak bersirkulasi. Menurut Hali et al. (2021) hidroponik bersirkulasi merupakan sistem fertigrasi yang mengedarkan larutan nutrisi menggunakan pompa dengan tujuan untuk memberikan akar tanaman unsur hara dan air secara terus menerus. contoh sistem ini adalah DFT, NFT, Rakit Apung, Dutch Bucket, dan sebagainya.

Sistem hidroponik non-sirkulasi merupakan sistem pemberian larutan nutrisi secara otomatis menggunakan aliran kapiler untuk diserap tanaman sehingga larutan nutrisi tidak dapat

digunakan kembali (Mahlangu et al., 2016). Jenis dari sistem hidroponik non-sirkulasi telah terbukti sangat produktif, berbiaya rendah, efisien dalam penggunaan air/lahan, dan cocok untuk meminimalkan pencemaran air tanah. Larutan nutrisi pada sistem ini tidak dapat digunakan kembali, contoh sistemnya adalah Autopot, Irigasi tetes, Smart Watering Unpad, dan sebagainya.

Menurut Arip & Thoriq (2022), Smart Watering Unpad merupakan metode untuk mengatur aliran fertigasi dalam sistem hidroponik dengan prinsip sistem penyiraman otomatis menggunakan hukum Archimedes dan gaya gravitasi sehingga tidak membutuhkan energi listrik, tidak membutuhkan tanah, dan hemat air. Keunggulan dari sistem Smart Watering Unpad adalah tanpa menggunakan energi listrik (zero energy), mudah digunakan, mudah dirawat, harga terjangkau, mudah

simpan, sistem dengan pengairan otomatis (PT. Hiup, 2022). Sistem *autopot* adalah sistem penyiraman mandiri tanpa menggunakan pompa dan listrik, sistem ini memberikan hasil yang efisien dalam penggunaan air dan nutrisi (Bafdal *et al.*, 2017).

Smart Watering Unpad dan *Autopot* merupakan hidroponik yang menggunakan media air dengan fertigasi tidak mengalir (*stagnant*). Kondisi media tanam ini memengaruhi ketersediaan oksigen yang terbatas di zona akar karena sirkulasi oksigen yang buruk (Fauzi *et al.*, 2013). Pernyataan tersebut menjelaskan bahwa kadar oksigen terlarut menjadi penting, karena kadar oksigen terlarut dalam air dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tanaman yang kekurangan oksigen terlarut dalam air akan menunjukkan tanda-tanda layu bahkan ketika akarnya terjuntai ke dalam air.

Hasil penelitian Hidayah *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa pengukuran nilai DO pada fertigasi bersirkulasi seperti DFT berada pada kisaran 4,8 mg/L sampai 7,9 mg/L. Nilai tersebut memasuki taraf anjuran DO untuk budidaya tanaman hidroponik yaitu 4 mg/L sampai 8 mg/L. Sistem *Smart Watering Unpad* dan *Autopot* belum pernah diukur dan diamati mengenai kadar oksigen terlarut dalam sistemnya. Pengukuran dan pengamatan ini akan menjadi acuan rekomendasi dari sistem *Smart Watering Unpad* dan *Autopot*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas nutrisi terutama kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan tanaman pada instalasi *Smart*

Watering Unpad dan *Autopot*. Pengamatan ini dilakukan selama satu kali masa pengamatan selama 30 hari. Penelitian ini dengan menganalisis korelasi yang timbul pada kadar oksigen terlarut akibat pengaruh perubahan suhu lingkungan yang merupakan salah satu komponen terpenting dalam hidroponik.

METODOLOGI/METHODOLOGY

Penelitian menggunakan metode eksperimen pada *Greenhouse Hydroponic Learning Center* Kecamatan Jatinangor Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan selama satu bulan yakni dari bulan September – Oktober 2022. Penelitian menggunakan alat antara lain alat tulis, Instalasi *Smart Watering*, Instalasi *Autopot*, Multimeter, *Hygro thermograph*, Microsoft Excel, dan Laptop. Sedangkan bahan yang digunakan adalah Nutrisi AB mix sayur daun, Nutrisi AB mix sayur buah, dan Air.

Metode penelitian ini adalah metode deskriptif analitik, yaitu mengukur, mengamati, menghitung, dan menganalisis data kuantitatif atau dengan mengakumulasikan data dengan mengamati suhu lingkungan dan *dissolved oxygen* yang diambil berdasarkan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan.

1. Pelaksanaan Pengamatan

Tahap persiapan meliputi menyiapkan semua alat dan bahan seperti tertera, serta memastikan semua sistem yang akan diamati perlu terpasang dan berjalan sesuai fungsinya. Sistem yang digunakan adalah *Smart Watering Unpad* dan *Autopot*.



Parameter yang diamati yakni, Suhu Lingkungan dan Dissolved oxygen. Penelitian ini diamati dan diukur tiga kali dalam sehari pada masa pertumbuhan tanaman, yakni pada pukul 07.00 WIB, 12.00 WIB, dan 17.00 WIB. Setiap tiga hari sekali pengukuran dilakukan setiap jam mulai pukul 07.00 sampai 17.00 WIB. Pengambilan data dilakukan dalam satu masa pengamatan selama 30 hari.

2. Analisis Data (Korelasi Rank Spearman)

Analisis Korelasi Rank Spearman adalah analisis untuk mencari tingkat hubungan atau menguji hipotesis. Analisis Korelasi Rank Spearman memiliki simbol Rs atau ditulis sebagai Rho. Data yang digunakan dalam korelasi ini adalah data berskala ordinal (peringkat), sehingga sebelum melakukan pengolahan data, data pengamatan yang akan dianalisis perlu disusun dalam bentuk peringkat terlebih dahulu (Sugiyono, 2007). Nilai rho untuk setiap kategori ditunjukkan oleh **Tabel 1.**

Tabel 1.
Tabel nilai Rho

Rho positif	Rho negatif	Kategori
$0,9 \leq Rho < 1$	$-0,9 \leq Rho < -1$	Sangat Kuat
$0,7 \leq Rho < 0,9$	$-0,7 \leq Rho < -0,9$	Kuat
$0,5 \leq Rho < 0,7$	$-0,5 \leq Rho < -0,7$	Moderat
$0,3 \leq Rho < 0,5$	$-0,3 \leq Rho < -0,5$	Lemah
$0 \leq Rho < 0,3$	$-0 \leq Rho < -0,3$	Sangat Lemah

Rumus korelasi Rank Spearman bisa dijabarkan sebagai berikut :

$$rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2-1)} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Rho : Koefisien Korelasi Rank Spearman

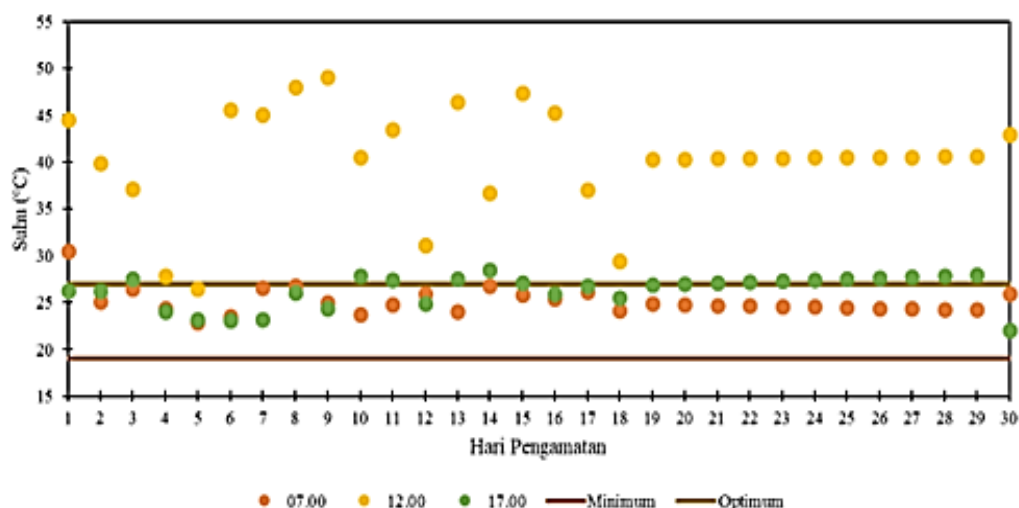
d2 : Ranking yang dikuadratkan

n : Banyaknya data (sampel)

HASIL DAN PEMBAHASAN/RESULTS AND DISCUSSION

1. Suhu Lingkungan

Hasil pengamatan suhu lingkungan tertinggi dan terendah selama penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1. Suhu Lingkungan

Hasil pengamatan suhu lingkungan menunjukkan bahwa selama penelitian secara signifikan kondisi suhu lingkungan *greenhouse* berada di atas suhu optimal dan berada di bawah suhu optimal pertumbuhan. Suhu yang berada pada rentang suhu optimal selama penelitian adalah antara 22,1°C dan 28,5 °C pada sore hari. Kondisi lingkungan terendah pada masa penelitian berada pada hari ke lima di mana rata-rata suhu hariannya 24,2°C. Kondisi tersebut menyebabkan kelembaban lingkungan menjadi tinggi sampai mencapai 99% pada pagi hari, 66% pada siang hari, dan 90% pada sore hari. Intensitas cahaya juga menjadi kecil pada kondisi suhu rendah ini selain juga disebabkan keadaan cuaca yang hujan. Suhu lingkungan tertinggi selama penelitian mencapai 49,1°C pada hari ke-9 pengamatan. Rata-rata tertinggi suhu lingkungan adalah 40,3°C yang berada di atas suhu optimal.

Setiap tanaman memerlukan suhu optimal yang berbeda untuk pertumbuhan. Suhu lingkungan yang optimal untuk produksi tanaman selada dengan kualitas tinggi berada pada rentang 15-25°C, bila suhu melebihi 30°C maka dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Subiyanto, 2019). Suhu udara yang optimal untuk tanaman cabai adalah 24-30 °C dengan suhu optimal 25 °C (Juhanri, 2020). Tanaman paprika (*Capsicum annum*) dapat tumbuh optimal pada suhu antara 21°C-27°C (Reza dkk. 2021). Suhu harian rata-rata optimal tanaman tomat adalah 18-29°C pada siang hari dan 10-20°C pada malam hari (Mardaus dkk. 2019).

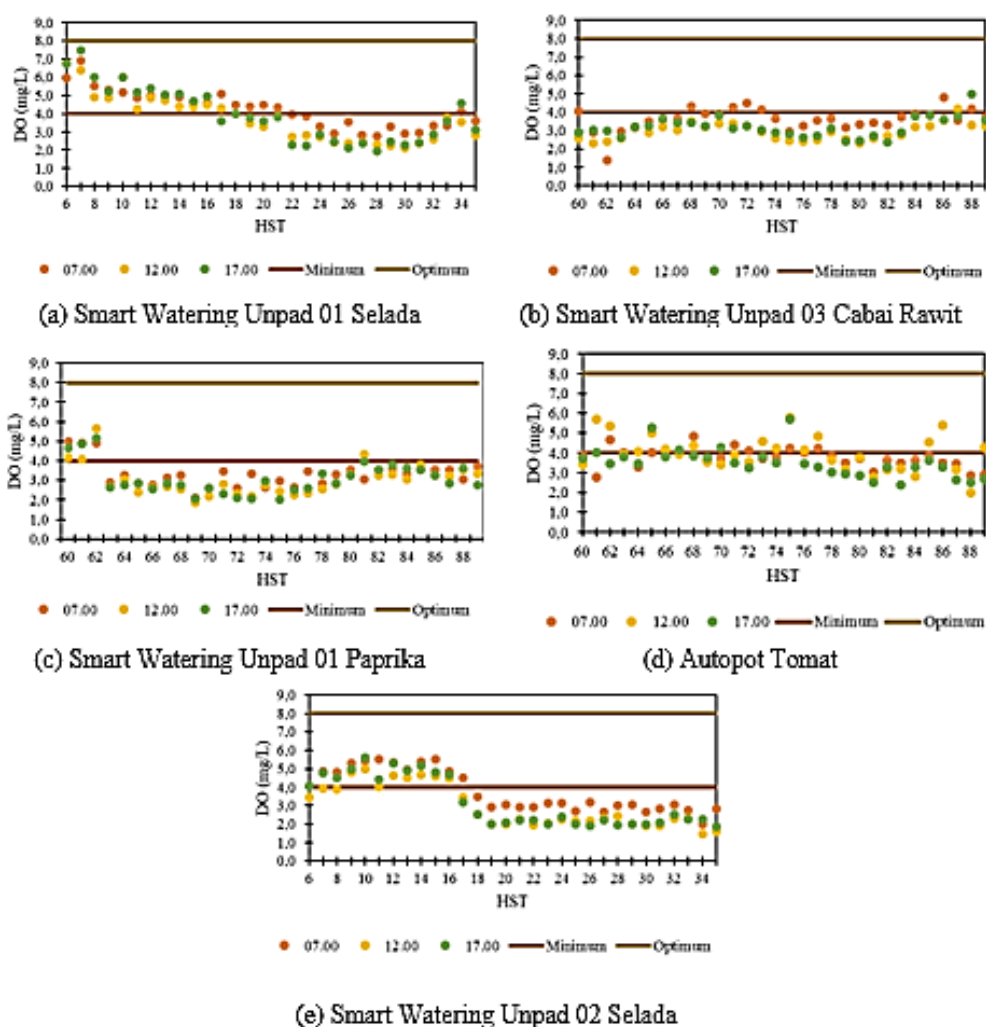
2. Dissolved Oxygen

Hasil pengukuran DO larutan nutrisi pada sistem fertisasi *Smart Watering Unpad* dan *Autopot* dalam periode pengamatan dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Kadar O₂ terlarut (DO) yang dibutuhkan tanaman berkisar 4-8

mg/l, dan batas maksimal O_2 terlarut sekitar 10 mg/l pada temperatur $24^{\circ}C$ sampai $25^{\circ}C$ yang mana jika di atas nilai tersebut menyebabkan O_2 akan terlepas ke udara (Siregar, 2015). Hasil penelitian Hidayah et al., (2020) menunjukkan nilai DO pada fertigasi bersirkulasi seperti DFT berada pada kisaran 4,8 mg/L sampai 7,9 mg/L. Nilai tersebut

memasuki taraf anjuran DO untuk budidaya tanaman hidroponik yaitu 4 mg/L sampai 8 (mg/L. Menurut Dwiratna et al., (2022), DO nutrisi dalam sistem self fertigasi berkisar antara 4,1 hingga 7,9 mg/L dan rata-rata 6,21 mg/L. Hal ini menegaskan bahwa DO sesuai dengan rekomendasi umum yang telah ditetapkan untuk hidroponik.



Gambar 2. Kondisi Dissolved Oxygen pada kelima sistem hidroponik

Kadar oksigen terlarut total dipengaruhi oleh suhu larutan nutrisi, semakin tinggi suhu larutan nutrisi maka kadar DO pada larutan nutrisi akan semakin rendah (Affan

et al., 2005). Instalasi dengan nilai DO yang baik adalah *Smart Watering Unpad* tipe 01 pada sore HST ke-7 dengan suhu larutan $27,5^{\circ}C$ dan kadar O_2 terlarut 7,5

mg/l. Selama periode pengamatan, rata-rata DO dari Smart Watering Unpad dan Autopot adalah 3,0 mg/l hingga 4,2 mg/l, hal ini menunjukkan bahwa sistem *Smart Watering* Unpad dan *Autopot* tidak memberikan nilai DO yang dibutuhkan tanaman. Sistem fertigasi *Smart Watering* Unpad dan *Autopot* merupakan sistem yang tidak menyirkulasikan fertigasi dan tidak menggunakan aerator.

Suhu yang tinggi dalam jangka panjang menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam larutan nutrisi (Krisna et al., 2017). Nilai DO terendah untuk Smart Watering Unpad tipe 03 terjadi pada 62 HST pagi hari dengan total DO sebesar 1,4 mg/l dan suhu larutan sebesar 23,4°C. Instalasi *Smart Watering* Unpad tipe 01 memiliki nilai DO yakni 7,5 mg/l pada sore hari 7 HST. Kekurangan kadar DO akan ditunjukkan oleh akar tanaman yang tidak berwarna putih melainkan coklat.

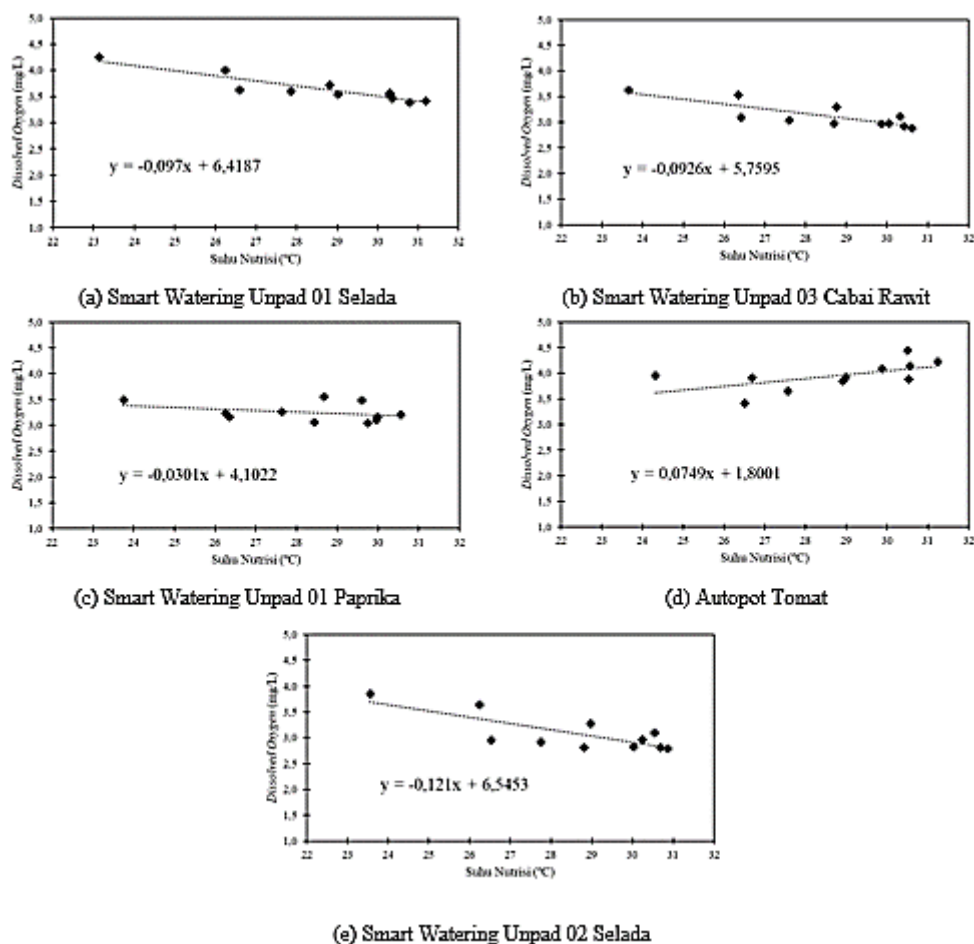
3. Hubungan Suhu Lingkungan Terhadap Kualitas *Dissolved Oxygen* larutan Nutrisi

Hubungan antara suhu lingkungan terhadap kualitas *dissolved oxygen* dilakukan menggunakan analisis korelasi *Rank Spearman*. Data yang dipakai merupakan pengukuran

per jam yang kemudian dihitung rata-ratanya, hasil analisis terdapat pada **Gambar 3**.

Rata-rata suhu lingkungan yang didapat adalah 32,3°C dan rata-rata ini melebihi angka optimal yang disarankan untuk suhu lingkungan selada dengan rentang 15-25°C (Subiyanto, 2019), suhu lingkungan cabai dengan rentang 24-30°C (Juhanri, 2020), suhu lingkungan Paprika dengan rentang 21°C-27°C (Reza dkk. 2021), suhu lingkungan tomat dengan rentang 18-29°C (Mardaus et al., 2019).

Kondisi ini akan menghambat pertumbuhan setiap jenis tanaman. Nilai DO sendiri berada pada rata-rata 3,4 mg/l dan dengan demikian angka ini berada di bawah angka optimal yang berkisar antara 4-8 mg/l. Kondisi kekurangan oksigen terlarut akan menyebabkan defisiensi unsur hara dengan kerusakan pada tanaman. Keadaan larutan nutrisi dimana kadar oksigen terlarut cukup tinggi, proses respirasi lancar, dan energi yang dihasilkan akar cukup untuk mengambil nutrisi yang diserap tanaman. (Reza, 2013).



Gambar 3. Hubungan Suhu Lingkungan Terhadap Dissolved Oxygen larutan Nutrisi pada kelima sistem hidroponik.

Hubungan antara suhu lingkungan dan kadar oksigen terlarut setelah dianalisis Uji Korelasi Rank Spearman ditunjukkan oleh **Tabel 2**. Berdasarkan perhitungan tersebut terlihat nilai rho pada instalasi *Smart Watering Unpad 01 Selada* sebesar -0,75, yang menunjukkan variabel suhu lingkungan (X) berpengaruh terhadap variabel oksigen terlarut (Y) dengan kategori KUAT. Selanjutnya nilai rho *Smart Watering Unpad 03*

Cabai, 01 Paprika, dan Autopot Tomat sebesar -0,55 yang menunjukkan bahwa variabel suhu lingkungan (X) berpengaruh terhadap variabel oksigen terlarut (Y) dengan kategori MODERAT. Selanjutnya nilai rho *Smart Watering Unpad 02 Selada* diketahui sebesar -0,38 yang menunjukkan bahwa variabel suhu lingkungan (X) berpengaruh terhadap variabel oksigen terlarut (Y) dengan kategori LEMAH.

Tabel 2.
Analisis Rank Spearman Suhu Lingkungan dan Dissolved Oxygen

No.	Instalasi	Perhitungan	Hasil	Kategori
1.	Smart Watering Unpad 01 Selada	$\rho = 1 - \frac{6 * 384^2}{11(11^2 - 1)}$	-0,75	KUAT
2.	Smart Watering Unpad 03 Cabai	$\rho = 1 - \frac{6 * 342^2}{11(11^2 - 1)}$	-0,55	MODERAT
3.	Smart Watering Unpad 01 Paprika	$\rho = 1 - \frac{6 * 340^2}{11(11^2 - 1)}$	-0,55	MODERAT
4.	Autopot Tomat	$\rho = 1 - \frac{6 * 98^2}{11(11^2 - 1)}$	0,55	MODERAT
5.	Smart Watering Unpad 02 Selada	$\rho = 1 - \frac{6 * 304^2}{11(11^2 - 1)}$	-0,38	LEMAH

Rata-rata suhu lingkungan yang didapat adalah 32,3°C dan temperatur tersebut melebihi angka optimal yang disarankan yaitu rentang 15-25°C untuk selada, 20-25°C untuk cabai, 21°C-27°C untuk paprika, 18-29°C untuk tomat. Menurut Siregar (2015), nilai DO berada pada rata-rata 3,4 mg/l, berada di bawah angka optimal yang berkisar antara 4-8 mg/l. Kondisi kekurangan Oksigen terlarut akan menyebabkan defisiensi unsur hara dengan kerusakan pada tanaman seperti pertumbuhan tanaman yang kerdil, kelainan morfologi tanaman, bintik-bintik kuning-putih, dan tanaman akan layu bahkan dapat mati karena Deoksigenasi.

Perubahan yang terjadi pada keempat instalasi *Smart Watering Unpad* memiliki arah perubahan yang NEGATIF dengan arti semakin meningkat satu variabel maka variabel lainnya semakin menurun. Sistem *Smart Watering Unpad* memiliki sistem pengaliran nutrisi yang berkelanjutan. Larutan nutrisi

dalam *bucket*/bak tanam akan dipakai langsung oleh tanaman, menjadikan kadar oksigen terlarut di larutan nutrisi menurun karena dipakai tanaman. Faktor lain berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam larutan nutrisi adalah adanya pelepasan oksigen pada larutan nutrisi disebabkan suhu larutan yang naik akibat kenaikan suhu lingkungan. Sistem *Autopot* merupakan satu-satunya instalasi yang memiliki perubahan POSITIF dalam bentuk hubungan Suhu Larutan Nutrisi dengan *Dissolved Oxygen*. Kondisi nilai kadar oksigen terlarut pada larutan nutrisi dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan. Kadar oksigen terlarut dipengaruhi oleh suhu larutan nutrisi, saat semakin tinggi suhu larutan nutrisi maka kadar DO pada larutan nutrisi akan semakin rendah (Affan *et al.*, 2005). Perubahan nilai *dissolved oxygen* terpengaruh oleh kenaikan suhu lingkungan dengan menjaga suhu lingkungan rendah maka akan menjaga kadar oksigen terlarut pada larutan nutrisi.

Perbedaan ini dapat disebabkan adanya perbedaan pola aliran fertigasi pada autopot. Sistem kerja pada autopot adalah dengan menggunakan valve yang menambahkan air nutrisi sampai batas muka air 4cm dan akan terkunci. Kunci pada Valve autopot akan terbuka kembali saat muka air turun sampai 2 cm. *Smart Watering Unpad* memiliki fungsi ketika air turun dan pelampung tidak menerima gaya dari air ke atas katup pada lengan pelampung akan terbuka dan air akan mengalir ke tangki nutrisi sampai ketinggian air menaikkan pelampung dan menutup katup dan air berhenti mengalir.

SIMPULAN/CONCLUSION

Berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa respons kadar oksigen terlarut dipengaruhi oleh suhu lingkungan pada sistem SWU 01 Selada, SWU 02, SWU 03, dan SWU 01 Paprika memiliki arah hubungan yang NEGATIF. Sistem Autopot merupakan satu-satunya instalasi yang memiliki perubahan POSITIF dalam hubungan kadar oksigen terlarut yang dipengaruhi antara suhu lingkungan. Autopot merupakan instalasi hidroponik yang dapat menjaga ketersediaan kadar oksigen terlarut pada larutan nutrisi. Instalasi Smart Watering Unpad 02 dapat menjaga ketersediaan kadar oksigen terlarut pada larutan nutrisi dibandingkan dengan instalasi lain pada jenis sistem Smart Watering Unpad.

UCAPAN TERIMA KASIH/ ACKNOWLEDGEMENT

Ucapan terima kasih disampaikan oleh penulis kepada Rektor dan Direktur PT. HIUP Indonesia atas dukungan materialnya.

DAFTAR PUSTAKA/REFERENCES

- Affan, M., WAJIMA, T., & YASUTAKE, D. (2005). High Temperature Effect on Root Absorption. *Agric Meteorol*, 60(5), 809–812.
- Arip, M., & Thoriq, D. A. (2022). Kelayakan Budidaya Selada Krop Dengan Sistem Smart Watering Di Greenhouse Ftip Unpad Feasibility Of Cultivation Of Crop Lettuce With Smart Watering System At Greenhouse Ftip Unpad. *Jurnal Agriekstensia*, 21(1).
- Bafdal, N., Dwiratna, S., & Kendarto, D. R. (2017). Impact of water use on paprika (*Capsicum annum*) by using fertigation and autopot system combined with numerous growing media. *Asian Journal of Plant Sciences*, 16(3), 149–159.
- Dwiratna, S., Amaru, K., & Nanda, M. A. (2022). The Potential of Hydroponic Kit-Based Growing on a Self-Fertigation System for Pagoda Mustard (*Brassica narinosa* L) Production. *Scientific World Journal*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1984297>
- Fauzi, R., Tarwaca, E., Putra, S., & Ambarwati, D. E. (2013). Pengayaan Oksigen Di Zona Perakaran Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Dan Hasil Selada (*Lactuca Sativa* L.) Secara Hidroponik Oxygen Enrichment In The Root Zone To Increase The Growth And Yield Of Hydroponics Lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *Jurnal Vegetalika*, 2(4), 63–74.
- Hali, A. S., S Bani, M. D., & Nitit, B. P. (2021). Efisiensi Penerapan Metode Fuzzy Logic Pada Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique. *Jurnal Gatra Nusantara*, 19(2), 208–211.
- Harpenas, A., & Dermawan, R. (2010). *Budi daya cabai unggul*. PT Niaga Swadaya.
- Hidayah, A. L., Dwiratna, S., Prawiranegara, B. M. P., & Amaru, K. (2020). Kinerja

- dan Karakteristik Konsumsi Energi, Air, dan Nutrisi pada Sawi Pagoda (*Brassica narinosa*) Menggunakan Sistem Fertigasi Deep Flow Technique (DFT). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 8(2), 125–134. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2020.008.02.02>
- Krisna, B., Tarwaca Susila Putra, E., Rogomulyo, R., & Kastono, D. (2017). Pengaruh Pengayaan Oksigen dan Kalsium terhadap Pertumbuhan Akar dan Hasil Selada Keriting (*Lactuca sativa* L.) pada Hidroponik Rakit Apung The Effects of Oxygen and Calcium Enrichment on the Root Growth and Yield of Curly Lettuce (*Lactuca sativa* L.) that . *Jurnal Vegetalika*, 6(4), 14–27.
- Mahlangu, R. I. S., Maboko, M. M., Sivakumar, D., Soundy, P., & Jifon, J. (2016). Lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth, yield and quality response to nitrogen fertilization in a non-circulating hydroponic system. *Journal of Plant Nutrition*, 39(12), 1766–1775.
- Mardaus, Sari, I., & Yusuf, E. Y. (2019). Produksi Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum* L.) Dengan Pemberian Sp-36 Dan Dolomit Di Tanah Gambut. *Jurnal AGROINDRAGIRI*, 4(2).
- PT.Hiup. (2022). Katalog Smart Watering Unpad. In *PT. Hiup Indonesia*.
- Reza, P. M. A., Syuhriatin, & Rahayu, S. M. (2021). Analisis Pertumbuhan Tanaman Paprika (*Capsicum Annuum* Var. *Grossum*) Berdasarkan Pola Tanam. *Lombok Journal of Science*, 3(1), 23–32.
- Savitri, D. A., Nadzirah, R., & Novijanto, N. (2020). Pelatihan Hidroponik Sistem DFT Guna Mmenumbuhkan Jiwa Kewirausahaan Siswa di Jember. *Jurnal Masyarakat Mandiri Ummat*, 4(5), 969–977. <https://doi.org/10.31764/jmm.v4i5.3112>
- Siregar, J. (2015). *Pengujian Beberapa Nutrisi Hidroponik Pada Selada (Lactuca Sativa L.) Dengan Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (Thst) Termodifikasi*. UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Subiyanto, E. R. B. (2019). *Budidaya Hidroponik Tanaman Selada Romaine (Lactuca Sativa L. Var. Longifolia) Dengan Pemberian Berbagai Pupuk Organik Cair*. DHAYANA PURA.
- Sugiyono. (2007). *Statistik untuk Penelitian* (E. Mulyariningsih (ed.); 12th ed.). ALFABETA BANDUNG.