

Aeroponik Rumah Tanaman Dengan Sistem Tanam Benih Langsung Pada Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica* Forssk.)

*Aeroponic Plant House System Using Direct Seeding in the Seedling Phase to Improve the Growth and Quality of Kangkung (*Ipomoea aquatica* Forssk.)*

Boy Macklin Pareira Prawiranegara¹, Wahyu Kristian Sugandi¹, Rafly Januar Akbar¹,
Yogina Lestari Ayu Situmorang¹

¹Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Ir. Soekarno KM. 21, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang 45363, Indonesia

*Email korespondensi: boy.macklin@unpad.ac.id

Info Artikel

Diajukan: 18 Juli 2023

Diterima: 25 September 2023

Keywords:

aeroponic; direct seeding; float; kangkung; plant house

Kata Kunci:

aeroponic; float; kangkung; rumah tanaman; tanam benih langsung

Abstract

The purpose of this research is to improve the growth and quality of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forssk.) in the aeroponic system plant house with the use of direct seed planting in the seedling phase. The study was conducted at the Soil and Water Engineering Laboratory, Faculty of Agricultural Technology, Universitas Padjadjaran. The data collected included measurements of uniformity, survival rate, and production of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forssk) during a 10-day observation period in February 2023. The study utilized a comparative-analytic method. The results of the study showed that the plant house method aeroponic system using direct seed planting is more efficient compared to the float system in terms of electricity usage, water usage, and energy cost. Additionally, the aeroponic system showed better growth uniformity in water spinach. Therefore, the plant house based aeroponic system using direct seed planting during the seedling phase can be an effective and efficient alternative for increasing the production of water spinach with uniform quality. The study concludes that this system is more effective and efficient in increasing the production of water spinach.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan dan kualitas tanaman kangkung pada sistem aeroponik rumah tanaman dengan penggunaan tanam benih langsung pada fase pembibitan. Metode deskriptif komparatif digunakan dalam penelitian ini, dan data pengukuran keseragaman, tingkat kelangsungan hidup, dan produksi tanaman kangkung diamati selama 10 hari pada bulan Februari 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem aeroponik dengan metode rumah tanaman menggunakan sistem tanam benih langsung lebih efisien dibandingkan dengan sistem float dalam penggunaan energi listrik, air, dan biaya penggunaan energi. Selain itu, sistem aeroponik juga dapat menunjukkan keseragaman pertumbuhan yang lebih baik pada tanaman kangkung. Dengan demikian, sistem aeroponik rumah tanaman menggunakan sistem tanam benih langsung pada fase pembibitan dapat dijadikan alternatif yang efektif dan efisien dalam meningkatkan produksi tanaman kangkung yang seragam.

Doi: <https://doi.org/10.19028/jtep.011.3.307-317>

1. Pendahuluan

Kangkung (*Ipomoea aquatica* Forssk) merupakan salah satu jenis sayuran hijau yang populer di Indonesia dan banyak digunakan sebagai bahan masakan. Tanaman kangkung ini juga memiliki kandungan nutrisi yang baik untuk kesehatan, seperti vitamin A, vitamin C, dan zat besi (Djukri, 2005). Meskipun kangkung dapat tumbuh di berbagai jenis tanah, namun produktivitas dan kualitas tanaman kangkung dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti air dan nutrisi (Rukmana, 1994). Upaya meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman kangkung diperlukan teknologi pertanian yang inovatif (Fayza et al., 2022). Dalam konteks Indonesia, tanaman kangkung merupakan salah satu tanaman sayuran yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat, terutama di daerah perkotaan (Maria, 2009). Meningkatkan produksi dan kualitas tanaman kangkung dapat membantu memenuhi kebutuhan pangan masyarakat, khususnya di daerah perkotaan yang kekurangan lahan (Sariayu et al., 2017). Namun, produksi tanaman kangkung masih menghadapi berbagai tantangan seperti hama dan penyakit tanaman, penggunaan pestisida yang berlebihan, serta ketidakseragaman pertumbuhan tanaman yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas produksi (Ningrum & Retnosari, 2020). Peningkatan produksi dan kualitas tanaman kangkung memerlukan pengembangan sistem budidaya yang lebih efisien dan ramah lingkungan (Sapei & Kusmawati, 2003).

Pada penelitian ini rumah tanaman yang dimaksud mengacu atau mengadopsi dari replika terminologi pabrik tanaman. Pabrik tanaman adalah sistem produksi tanaman yang menggunakan lingkungan terkontrol, di mana semua faktor seperti suhu, cahaya, kelembaban, dan nutrisi diatur secara tepat untuk memaksimalkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Toyoki et al., 2019). Prinsip terkendali yang diadopsi dari prinsip-prinsip pabrik tanaman untuk rumah tanaman ini adalah mengendalikan pH, nutrisi, kelembapan lingkungan, suhu lingkungan, dan penggunaan sistem aeroponik. Faktor cahaya menggunakan cahaya matahari langsung karena instalasi berada dalam gedung dengan atap terbuka, tanpa menggunakan *artificial light*.

Salah satu alternatif sistem budidaya yang dapat digunakan adalah sistem aeroponik (Luebbers & Hensley, 2012). Sistem ini menggunakan udara dan air sebagai media tumbuh tanaman, dengan menyemprotkan larutan nutrisi secara terus-menerus ke akar tanaman yang tergantung di udara (Idris & Sani, 2012). Keuntungan dari sistem aeroponik adalah meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi AB Mix, mengurangi penggunaan pestisida, serta mengurangi risiko terkena penyakit tanaman (Wahyuning, 2022).

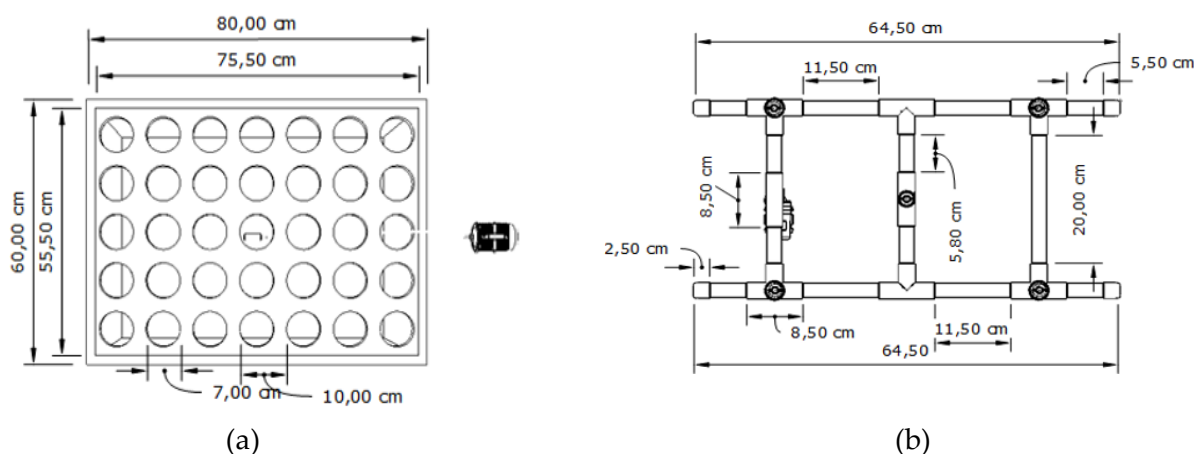
Tujuan dari penelitian ini, untuk meningkatkan pertumbuhan dan kualitas tanaman pada sistem aeroponik rumah tanaman menggunakan sistem tanam benih langsung (tabel) fase benih sehingga menunjukkan keseragaman pertumbuhan dan meningkatkan produksi tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica* Forssk). Penelitian ini penting dilakukan karena potensi pasar, efisiensi penggunaan sumber

daya, dan keberlanjutan lingkungan. Sistem aeroponik ini dapat mengurangi dampak lingkungan dari pestisida dan herbisida dan mempercepat pertumbuhan serta keseragaman pertumbuhan tanaman (Irmayanti, 2013). Produksi kangkung konvensional membutuhkan lahan yang luas dan banyak penggunaan pestisida dan herbisida yang mencemari lingkungan (Puspitasari & Hermanto, 2022). Oleh karena itu, inovasi teknologi pertanian yang ramah lingkungan seperti sistem aeroponik rumah tanaman sangat diperlukan untuk meningkatkan produksi tanaman kangkung dan memenuhi permintaan pasar yang semakin meningkat.

2. Metode Penelitian

2.1 Metode

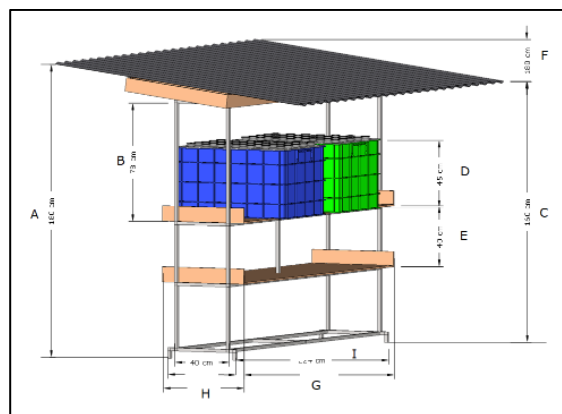
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Tanah dan Air Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran. Data pengukuran keseragaman dan produksi tanaman kangkung (*Ipomea aquatica Forssk*) berdasarkan pengamatan selama 10 hari fase pembibitan pada bulan Februari dengan membandingkan dua sistem yaitu aeroponik dan rakit apung. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif komparatif dimana sejenis penelitian deskriptif yang ingin mencari jawaban secara mendasar tentang sebab-akibat, dengan menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya ataupun munculnya suatu fenomena tertentu (Nazir, 2014). Pada **Gambar 1**. menggambarkan sistem instalasi *float* dan aeroponik sedangkan **Gambar 2**. mendeskripsikan instalasi rangka dan rak penempatan kedua sistem tersebut. Sistem aeroponik menggunakan papan PVC berukuran 85 cm x 65 cm dengan 35 lubang tanam, sedangkan sistem *float* menggunakan kombinasi papan PVC yang ditempel di atas *styrofoam* berukuran 75 cm x 55 cm x 5 cm dengan juga 35 lubang tanam. Jarak antara titik tengah lubang tanam pada kedua sistem ini adalah 10 cm. Keduanya ditempatkan dalam box kontainer berukuran 80 cm x 60 cm x 45 cm.



Gambar 1. (a) Instalasi rakit apung dengan dimensi 80 cm x 60 cm x 45 cm dengan lubang tanam 35 lubang, (b) Instalasi aeroponik menggunakan pompa DC daya 22 Watt dengan tekanan 5 psi



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Foto instalasi rangka dan rak rumah tanaman, dengan jarak tanam 10 cm antar lubang untuk sistem aeroponik tandon warna biru sedangkan tandon warna hijau untuk sistem *float*, (b) Spesifikasi teknis instalasi rangka dan rak rumah tanaman, desain rak 2 tingkat dengan area 300 cm x 180 cm x 180 cm, bahan rangka besi hollow galvanis 4 cm x 4 cm, tandon plastik 80 cm x 60 cm x 45 cm

Instalasi rak rumah tanaman pada **Gambar 2** (a) untuk sistem aeroponik dan *float* berlokasi dalam gedung dengan atap terbuka. Sistem aeroponik menggunakan tandon berwarna biru, sedangkan sistem *float* menggunakan tandon berwarna hijau. Lubang tanam menggunakan papan PVC berketebalan 5 mm, dan sistem *float* juga menggunakan *styrofoam* setebal 5 cm agar lubang tanam mengapung di atas air. Aspek desain dan konfigurasi pada **Gambar 2** (b), dengan beberapa pertimbangan. Instalasi berlokasi di dalam gedung (*indoor*) dengan atap terbuka dan jauh dari keramaian. Jarak antara kontainer adalah 30 cm, dan ditempatkan pada tingkat yang paling atas untuk memperoleh akses terhadap cahaya matahari.

2.2 Keceragaman Pertumbuhan (CU) Tanaman Kangkung

Data pengamatan yang dihitung keseragamannya adalah tinggi tanaman selama 10 hari pada fase pembibitan dimulai dari 18 Februari hingga 28 Februari. Nilai keseragaman yang didapat akan memperlihatkan irigasi yang seragam pada sistem aeroponik dan produksi tanaman kangkung (*Ipomea aquatica Forssk*) pada masa pembibitan. Keseragaman irigasi diukur dari keseragaman pertumbuhan tinggi tanaman kangkung, tinggi tanaman kangkung diukur setiap hari menggunakan penggaris.

Coefficient of Uniformity (CU) dihitung menggunakan persamaan Christiansen (1942), dengan rumus sebagai berikut :

$$CU = 100 \times \left(1 - \left[\frac{\sum Dev}{m \times n} \right] \right) \quad (1)$$

Berikut dibawah ini tabel kategori nilai keseragaman:

Tabel 1. Kriteria Nilai Keseragaman

Kriteria	Koefisien Keseragaman (CU)
Sangat Baik	>90%
Baik	80-89%
Cukup Baik	70-79%
Buruk	<69%

2.3 Kualitas Larutan Air

Parameter yang diukur adalah banyaknya partikel terlarut (*part per million* - ppm), pH larutan, dan *dissolved oxygen* (DO). Pengukuran parameter dilakukan setiap hari di tandon nutrisi pada pukul 07.00, 12.00, dan 17.00. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan TDS meter dengan tipe EZ-1, pH meter tipe ATC (kuning), dan DO meter dengan tipe Lutron DO-5510.

2.4 Konsumsi Energi

Faktor konsumsi energi yang diperhitungkan pada penelitian ini adalah energi, air dan nutrisi. Konsumsi energi listrik yang digunakan diukur dari pemanfaatan energi listrik untuk pengoperasian pompa. Konsumsi air dihitung dari penggunaan air selama masa pertumbuhan. Pengukuran konsumsi energi dihitung Konsumsi nutrisi merupakan jumlah AB Mix yang disirkulasi kan pada fertigasi selama masa pertumbuhan. Analisis konsumsi energi listrik dapat dihitung dengan

Persamaan 2:

$$W = P \times t \quad (2)$$

Dimana: W = satuan listrik untuk menyatakan besaran energi (Joule), P = satuan listrik untuk menyatakan besaran daya (Watt), t = satuan untuk menyatakan waktu (Jam).

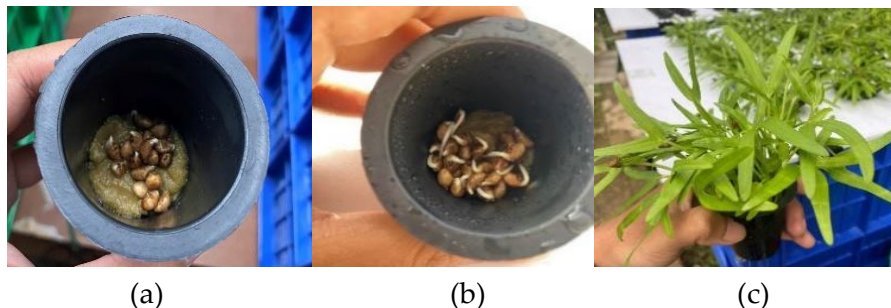
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Keseragaman Tumbuh Tanaman Kangkung

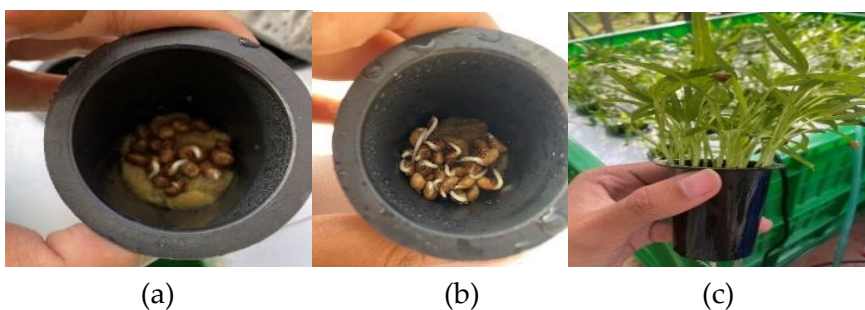
Evaluasi pertumbuhan fase pembibitan pada dua sistem budidaya hidroponik, yaitu aeroponik dan *float*. **Gambar 3** menjelaskan pertumbuhan tanaman kangkung pada sistem aeroponik 0 HSS, 2 HSS, dan 10 HSS.

Sedangkan **Gambar 4**. menjelaskan pertumbuhan tanaman kangkung pada sistem *float* di 0 HSS, 2 HSS, dan 10 HSS. Pada kedua gambar tersebut terlihat ada perbedaan yang signifikan untuk tinggi tanaman kangkung. Begitu juga pada **Gambar 5**. tingkat keseragaman tanaman kangkung dalam kedua sistem tersebut relatif sama, akan tetapi ada perbedaan tinggi sebesar 0.06 cm. Tidak ada

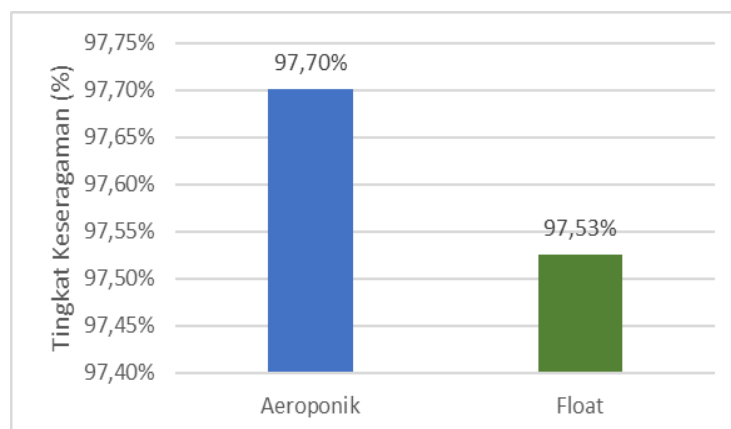
perbedaan yang signifikan dalam tingkat keseragaman (CU) antara sistem aeroponik dan *float*. Keduanya memiliki CU yang hampir sama, yaitu 97.70% untuk aeroponik dan 97.53% untuk *float*.



Gambar 3. (a) Pertumbuhan benih pada 0 HSS tinggi tanaman 0 cm, (b) Pertumbuhan benih pada 2 HSS tinggi tanaman 1.6 cm, (c) Pertumbuhan benih pada 10 HSS tinggi tanaman 15 cm pada sistem Aeroponik.



Gambar 4. (a) Pertumbuhan benih pada 0 HSS tinggi tanaman 0 cm, (b) Pertumbuhan benih pada 2 HSS tinggi tanaman 1.29 cm, (c) Pertumbuhan benih pada 10 HSS tinggi tanaman 14.94 cm pada sistem *Float*.



Gambar 5. Grafik Tingkat Keseragaman Tanaman

3.2 Rata-Rata Tinggi Tanaman Kangkung

Berdasarkan hasil pengamatan rata – rata tinggi tanaman pada **Gambar 6**. tersebut dapat diartikan bahwa sistem aeroponik memberikan pengaruh yang lebih baik pada pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan sistem *float*. **Gambar 6** pada 10 HSS menunjukkan tinggi rata-rata tanaman sekitar 15 cm dengan berat rata-rata 16.1 gr dari kedua sistem. Variasi tanaman kangkung dalam pembibitan melibatkan perbandingan antara sistem aeroponik dan sistem *float*. Namun, hasil yang berbeda terlihat pada tinggi tanaman dan bobot saat panen di 30 HSS. Tinggi tanaman sistem aeroponik mencapai 43.4 cm dengan bobot panen 49.09 gr, sementara sistem rakit apung mencapai tinggi tanaman 63.29 cm dengan bobot panen 78.89 gr. Pada panen di 30 HSS, terdapat perbedaan signifikan antara sistem aeroponik dan sistem *float* dalam tinggi tanaman dan bobot panen pada tanaman kangkung.



Gambar 6. Grafik Rata – Rata Tinggi tanaman

3.3 Rata-Rata Kadar Dissolved Oxygen (DO)

Kadar Dissolved Oxygen (DO) dan kandungan nutrisi pada larutan nutrisi yang digunakan juga diukur pada setiap hari setelah penanaman. Kadar Dissolved Oxygen (DO) yang optimal pada fase pemebeihan dalam kondisi nilai berkisar antara 4.0 mg/L sampai 8 mg/L. Rata-rata kadar Dissolved Oxygen (DO) pada setiap hari pada sistem aeroponik sebesar 5.43 dan *float* sebesar 5.57. Rata – rata Dissolved Oxygen Ternyata, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata kadar Dissolved Oxygen (DO) pada sistem aeroponik dan *float*.

3.4 Rata-Rata Konsentrasi Nutrisi

Kandungan nutrisi yang optimal pada fase pemebeihan dalam kondisi nilai berkisar antara 500 ppm sampai 1000 ppm (Fayza et al., 2022). Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi nutrisi pada sistem aeroponik dan sistem *float* berada pada rentang yang optimal, sehingga tidak ada perbedaan

yang nyata antara keduanya. Rata-rata konsentrasi nutrisi pada fase pembibitan tanaman kangkung adalah 593.70 ppm untuk sistem aeroponik dan 642.80 ppm untuk sistem *float*.

3.5 Rata-Rata Tingkat Keasaman

Tingkat keasaman (pH) dalam fase pembibitan tanaman kangkung dapat dilakukan dengan memperhatikan data rata-rata tingkat keasaman pada sistem aeroponik sebesar 5.80 dan sistem *float* 5.93. Terdapat dua jenis sistem pembibitan yang diamati, yaitu sistem aeroponik dan sistem *float*. Berdasarkan batas bawah dan atas pH yang diberikan, maka tingkat keasaman yang diinginkan untuk fase pembibitan tanaman kangkung adalah antara 5.5 hingga 5.8. Oleh karena itu, jika tingkat keasaman melebihi batas atas atau kurang dari batas bawah, maka perlu dilakukan koreksi pH. Pada sistem aeroponik, terdapat fluktuasi tingkat keasaman yang cukup signifikan selama 10 hari pembibitan. Tingkat keasaman pada hari ke-1 cukup tinggi yaitu 6.50, dan turun secara signifikan pada hari ke-2 setelah dilakukan koreksi hingga mencapai 5.70. kedua sistem tersebut masih memerlukan koreksi pH agar tingkat keasaman selalu berada di kisaran yang diinginkan untuk fase pembibitan tanaman kangkung.

3.6 Rata-Rata Intensitas Cahaya Matahari

Rata-rata intensitas cahaya di area sistem aeroponik sebesar 7053.72 lx dan sistem *float* sebesar 6819.77 lx Intensitas cahaya matahari yang optimal pada fase pembibitan dalam kondisi nilai berkisar antara 4000 lx sampai 8000 lx atau sekitar 92 $\mu\text{mol/s/m}^2$ sampai 184 $\mu\text{mol/s/m}^2$ (Safinatul et al., 2019). Berdasarkan hasil pengukuran rata-rata intensitas cahaya matahari pada sistem aeroponik dan sistem *float* berada pada rentang yang optimal, sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan antara keduanya. Rata-rata intensitas cahaya pada sistem aeroponik dan sistem *float* berada di atas batas bawah yang direkomendasikan untuk pembibitan tanaman kangkung.

3.7 Rata-Rata Tingkat Kelembapan Udara

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kelembapan udara optimal pada fase pembibitan kangkung adalah berkisar antara 70% sampai 80%. Dalam sistem aeroponik dan *float*, memiliki rata-rata kelembapan udara pada fase pembibitan kangkung adalah 75.20%. Kelembapan udara yang tidak cukup dapat mengakibatkan tanaman menjadi kering dan kekurangan air. Sementara itu, kelembapan udara yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko pertumbuhan jamur dan penyakit pada tanaman (Lakitan, 2004).

3.8 Rata-Rata Suhu Lingkungan

Data rata-rata suhu lingkungan pada fase pembibitan kangkung di sistem aeroponik dan *float* sebesar 24.88°C. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu lingkungan optimal pada fase

pembibitan kangkung adalah berkisar antara 20°C - 32°C. Suhu lingkungan pada sistem aeroponik dan rakit apung memiliki rata-rata perharinya sama karena ditanaman pada lingkungan yang sama.

3.9 Kinerja Energi dan Nutrisi

Menghitung kebutuhan energi per kg tanaman kangkung diperlukan beberapa data. Data tersebut diantaranya, pompa aeroponik menggunakan daya 22 watt, sementara aerator *float* menggunakan daya 83 watt penggunaan pompa dan aerator bejalan selama 24 jam. Rata-rata berat tanaman pada 10 HSS adalah 16.10 gram per lubang tanam pada kedua sistem. Total berat tanaman pada 35 lubang tanam pada sistem aeroponik dan *float* adalah 563.50 gram dan biaya per kWh adalah Rp. 1444. Pada 10 HSS, sistem aeroponik membutuhkan 39.04 Watt/kg (dengan daya 22 watt dan berat 0.56 kg), sedangkan sistem *float* membutuhkan 147.29 Watt/kg (dengan daya 83 watt dan berat 0.56 kg). Pada 30 HSS, sistem aeroponik membutuhkan 12.80 Watt/kg (dengan daya 22 watt dan berat 1.72 kg), sedangkan sistem *float* membutuhkan 30.07 Watt/kg (dengan daya 83 watt dan berat 2.76 kg). Berdasarkan **Tabel 2**, terdapat perbandingan kinerja antara sistem aeroponik dan sistem *float* dalam hal energi, kebutuhan air, biaya energi, dan kebutuhan nutrisi AB MIX. Hal ini menunjukkan bahwa sistem aeroponik lebih efisien dalam penggunaan energi daripada sistem *float*. Selain itu, sistem aeroponik juga memerlukan kebutuhan air yang lebih rendah, yaitu sebesar 47 liter, sedangkan sistem *float* memerlukan 146 liter jumlah air yang digunakan total air yang digunakan untuk mengisi tandon nutrisi. Sistem aeroponik memiliki biaya energi yang lebih rendah, yaitu Rp. 714 atau pembulatan Rp. 750 per hari, sementara sistem *float* memerlukan biaya energi sebesar Rp. 2700 per hari.

Tabel 2. Kinerja Nutrisi dan Energi

Parameter	Sistem	
	Aeroponik	Float
Energi (Watt)	22	83
Kebutuhan Air (Liter)	47	146
Biaya Energi (Rp/hari)	750	2700
Kebutuhan nutrisi AB Mix (ml)	50 A + 50 B	300 A + 300 B

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem aeroponik rumah tanaman menggunakan sistem tabela pada fase pembibitan dapat menunjukkan keseragaman pertumbuhan dan meningkatkan produksi tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica Forssk.*) dengan nilai *Coefficient of Uniformity* (CU) yang tinggi sebesar 97.70% dan sistem *float* sebesar 97.53%. Pada kondisi kisaran nilai intensitas cahaya sebesar 4000 lx – 8000 lx, nilai DO sebesar 4.1 mg/L – 8 mg/L, nilai RH

sebesar 70% - 80%, dan nilai nutrisi sebesar 500 - 1000 ppm, sistem aeroponik lebih efisien digunakan pada fase pembibitan dibandingkan dengan sistem *float* dari sudut pandang penggunaan energi listrik sebesar 22 Watt, penggunaan air sebesar 47 liter, biaya penggunaan energi perhari sebesar Rp. 750, dan penggunaan nutrisi AB Mix sebanyak 50 ml A dan 50 ml B. Implikasi penelitian ini sistem aeroponik rumah tanaman dengan tabula pada fase pembibitan tanaman kangkung meningkatkan nilai *Coefficient of Uniformity* (CU) dengan efisiensi energi, air, dan nutrisi lebih baik dari sistem *float*.

5. Daftar Pustaka

- Djukri. (2005). Pertumbuhan dan Produksi Kangkung pada Berbagai Dosis Hara Makro dan Mikro. *Environmental*, 5(1), 34–37.
- Fayza, H. N., Azizah, A., Syahri, A., Fadlurrahman, F., Arifin, R. S., Dahlan, K. H. A., Cirendeu, C., Timur, K. T., Selatan, B. 15419, Studi, P., Sosial, K., Sosial, I., Politik, I., Jakarta, U. M., & Dahlan, J. K. H. A. (2022). Budidaya Penanaman Kangkung Darat Dengan Memanfaatkan Perkarangan Rumah. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat>
- Idris, I., & Sani, M. I. (2012). Monitoring and control of aeroponic growing system for potato production. *Proceedings of 2012 IEEE Conference on Control, Systems and Industrial Informatics, ICCSII 2012*, 120–125. <https://doi.org/10.1109/CCSII.2012.6470485>
- Irmayanti. (2013). *Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Hijau Brassica juncea L. Terhadap Variasi Formulaasi Nutrisi pada Sistem Aeroponik*. Universitas Hasanuddin.
- Lakitan B. (2004). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. . PT. Raja Grafindo Persada.
- Maria, P. (2009). Respon produksi tanaman kangkung terhadap variasi waktu pemberian pupuk kotoran ayam. *Soil Environment*, 7(1), 18–22.
- Nazir, M. (2014). *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia.
- Ningrum, L. W., & Retnosari, D. (2020). Monitoring Hama dan Penyakit Tanaman dalam Perlindungan Koleksi Tanaman di Kebun raya Purwodadi. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), 305–314. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.15>
- Puspitasari, M. S., & Hermanto, A. (2022). *Pemberdayaan Ibu Rumahtangga Dalam Pemanfaatan Limbah Anorganik Sebagai Media Tanam Pada Tanaman Kangkung Air (Ipomea aquatica Forsk L.) Dengan Budidaya Teknologi Hidroponik*. <https://journal.bengkuluinstitute.com/index.php/jp>
- Rukmana, R. (1994). *Bertanam Kangkung*. Kanisius.
- Safinatul, A., Ansar, & Guyup, M. (2019). Pengaruh Intensitas Cahaya Lampu Dan Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung (*Ipomea reptans Poir*) pada Sistem Hidroponik Indoor. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 7(1), 44–52.

- 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. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 17(2), 1–6.
- Terry Luebbbers, & Sarah Hensley. (2012). *Vertical Aeroponic Plant Growing System*.
- Toyoki, K., Genhua, N., & Michiko, T. (2019). *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production* (K. Toyoki, Ed.; Second). Academic Press.
- Vira Sariayu, M., Priyatman, H., Wibowo Sanjaya, B., Studi Teknik Elektro, P., & Teknik Elektro, J. (2017). *Pengendali Suhu dan Kelembaban Pada Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L) Dengan Sistem Aeroponik Berbasis Arduino Uno R3*.
- Wahyuning, A. (2022). The Potential for Agribusiness Development of Land Kangkung in Maranatha Village, Sigi Biromaru District, Sigi Regency. *Kolaboratif Sains*, 5(6), 352–358.