

Transformasi Teknik Budidaya Hidroponik Vertikal Tower upaya Meningkatkan Produksi Sayuran Bayam Hijau di CV Hidroponikita Tani Mandiri

Lola Rahmadona^{1*}, Elfarisna², Liza Nora³, Topik Rohman⁴, Alif Syah Rahman⁵,
Damar Grahito⁶, Ranisyia Dinda⁷

^{1,6}Program Studi Agribisnis, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

^{2,4,5}Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

^{3,7}Program Studi Manajemen, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

*lola.rahmadona@umj.ac.id

ABSTRAK

Program pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan produksi dan pendapatan mitra, yaitu CV Hidroponikita Tani Mandiri, melalui penerapan sistem hidroponik vertikal tower pada lahan terbatas. Teknik hidroponik DFT yang digunakan sebelumnya tidak efektif karena membutuhkan luas lahan yang besar, berdampak pada peningkatan biaya operasional, rendahnya efisiensi ruang dan terbatasnya skalabilitas. Tujuan kegiatan adalah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan terbatas melalui penerapan sistem hidroponik vertikal, yang memungkinkan lebih banyak tanaman dapat dibudidayakan per meter persegi. Metode pelaksanaan meliputi sosialisasi, pelatihan, praktik pembuatan sistem hidroponik vertikal, dan evaluasi. Mitra yang terlibat sebanyak 12 orang mengikuti seluruh tahapan pelatihan dan pendampingan. Hasil yang dicapai menunjukkan peningkatan signifikan pada pengetahuan dan keterampilan mitra dalam budidaya hidroponik vertikal. Skor pre-test rata-rata 71,8 meningkat menjadi 97,2 pada post-test. Penggunaan sistem vertikal tower meningkatkan jumlah tanaman per meter persegi hingga 4 kali lipat dibandingkan sistem DFT, serta berhasil mencapai target produksi 100 kg per bulan. Evaluasi program ini menunjukkan dampak positif terhadap peningkatan soft skill dan hardskill mitra.

Kata Kunci: Bayam hijau; Hidroponik vertikal tower; Produksi; *Green economy*.

ABSTRACT

This community service program aims to enhance production and income for CV Hidroponikita Tani Mandiri by implementing a vertical hydroponic tower system on limited land. The previously used DFT hydroponic technique was inefficient due to its need for large space. The methods include socialization, training, hands-on workshops, and evaluation. Twelve partners participated in all phases of training and mentoring. Results showed significant improvement in the partners' knowledge and skills in vertical hydroponic farming. The average pre-test score of 71.8 increased to 97.2 in the post-test. The use of vertical tower systems increased the number of plants per square meter by fourfold compared to the DFT system and successfully achieved the target production of 100 kg per month. The program evaluation indicated a positive impact on improving the partners' soft skills and hard skills.

Keywords: *Green economy; production; Spinach; Vertical hydroponic tower*

1. PENDAHULUAN

Teknik budidaya hidroponik dengan metode Hidroponik DFT (Deep Flow Technique) menawarkan efisiensi dalam pertanian tanpa tanah, namun menghadapi berbagai permasalahan. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan kepemilikan lahan, ketidakmerataan aliran air, yang dapat disebabkan oleh saluran yang tidak tepat atau pompa air yang rusak, mengakibatkan tanaman tidak menerima nutrisi secara optimal (Putra & Cahyonugroho, 2021). Selain itu, rendahnya oksigen terlarut dalam lapisan air tipis serta suhu air yang terlalu tinggi dapat menghambat penyerapan nutrisi dan memperlambat pertumbuhan tanaman (Triantino et al., 2022). Penyakit akar seperti busuk akar (*Pythium*) juga sering muncul dalam lingkungan lembap sistem DFT (Cartika & Adiwijaya, 2022). Pengelolaan nutrisi yang tidak tepat, seperti penumpukan garam mineral dan konsentrasi nutrisi yang salah, turut menjadi tantangan yang dapat merusak tanaman (Khozin et al., 2023). Pertumbuhan akar yang berlebihan dan waktu panen yang tidak serentak bisa mengganggu stabilitas sistem, menuntut pemantauan intensif untuk menjaga efisiensi dan kesehatan tanaman (Indriani et al., 2022).

Permasalahan yang dihadapi oleh mitra terdapat pada aspek produksi. Jumlah permintaan konsumen yang masuk setiap bulannya dapat mencapai 300 kg, sedangkan mitra hanya mampu memproduksi kurang dari 100 kg atau rata-rata sebesar 67,4 kg. Jumlah produksi ini pun jauh dari target yang ditetapkan oleh mitra sebesar 100 kg tiap bulannya. Hal ini dinyatakan oleh pemilik kebun karena belum ada inovasi teknologi budidaya untuk meningkatkan produksi. Penggunaan teknik budidaya dengan Deep Flow Technique (DFT) kurang efektif (Putri et al., 2022). Teknik hidroponik DFT membutuhkan luas lahan yang besar, sedangkan luas lahan untuk budidaya bayam hijau tergolong kecil sebesar 300 meter persegi (Putri et al., 2023). Teknik DFT ini tanaman ditanam secara horizontal atau sejajar dengan permukaan tanah atau meja, sehingga produktivitas lahan tidak dapat dimanfaatkan secara efisien ((Bakriansyah et al., 2023)). Pada satu meter persegi lahan dengan menggunakan teknik DFT, mitra memiliki 50 sampai 60 lubang tanam. Sedangkan, dengan teknik

hidroponik vertikal tower dalam satu meter persegi lahan mitra bisa mendirikan 4 tower dengan jumlah lubang tanam 240 lubang (Mohapatra et al., 2023).

Menurut studi perbandingan antara beberapa sistem hidroponik, DFT dan sistem vertikal menunjukkan bahwa hasil tanaman dalam sistem vertikal lebih unggul dari segi jumlah dan kualitas. Penelitian menunjukkan bahwa sistem tower hidroponik vertikal dapat meningkatkan jumlah tanaman per meter persegi lahan dan efisiensi ruang secara signifikan. Misalnya, pada tanaman bayam, sistem tower hidroponik vertikal mampu menanam 50-80 tanaman per 1 m² dengan ketinggian tower 1,5 meter, sedangkan metode tradisional hanya mencapai 25-30 tanaman (Syed et al., 2021; Putri et al., 2022). Sistem ini dinilai sangat efisien untuk daerah sempit atau lahan urban (Ningrum et al., 2019; Soares et al., 2020).

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan terbatas melalui penerapan sistem hidroponik vertikal, yang memungkinkan lebih banyak tanaman dapat dibudidayakan per meter persegi (Al-Zahrani et al., 2023). Selain itu, kegiatan ini bertujuan memperbaiki sistem aliran air dan nutrisi agar lebih merata, serta meningkatkan produksi hingga mencapai target 100 kg per bulan (Saidah et al., 2023). Pengelolaan nutrisi yang lebih baik juga diharapkan mampu mencegah penumpukan garam dan menjaga keseimbangan konsentrasi nutrisi untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman (Nurza, 2022). Dengan mengurangi risiko penyakit akar seperti busuk akar (*Pythium*) dan meminimalkan gangguan pertumbuhan akar yang berlebihan, sistem hidroponik akan lebih stabil dan efisien (Nasaruddin et al., 2022). Pada akhirnya, inovasi ini akan meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil tanaman sehingga produktivitas dan target produksi dapat tercapai (Putri et al., 2023).

2. METODE PELAKSANAAN

Tahapan-tahapan konkrit dan lengkap untuk mengatasi permasalahan produksi bayam hijau dengan menggunakan metode pengabdian kepada masyarakat melalui hidroponik vertikal tower:

Sosialisasi

- a. Melakukan pertemuan awal dengan mitra untuk menjelaskan tujuan, manfaat, dan proses pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat menggunakan metode hidroponik vertikal tower bayam hijau.
- b. Memperkenalkan konsep hidroponik vertikal tower sebagai solusi untuk meningkatkan produksi sayuran bayam hijau dalam ruang terbatas dan dengan efisiensi air yang lebih baik.

Pelatihan

- a. Mitra sebagai peserta aktif pada pelatihan teknis tentang konsep dan praktik hidroponik vertikal tower bayam hijau.
- b. Mitra mendapatkan pengetahuan dan keterampilan tentang perancangan dan pembangunan sistem hidroponik vertikal tower bayam hijau.
- c. Mitra melakukan demonstrasi praktis tentang cara menyiapkan media tanam, menyemai benih bayam hijau, mengatur nutrisi, dan merawat sayuran bayam hijau pada hidroponik vertikal tower.

Penerapan Teknologi

- a. Berkolaborasi bersama mitra dalam perencanaan dan pembangunan sistem hidroponik vertikal tower di lokasi mitra.
- b. Berkolaborasi bersama mitra pemasangan infrastruktur dan peralatan IoT yang diperlukan seperti tower, pompa celup, reservoir nutrisi, sensor pH dan sensor kelembaban.
- c. Tim Pelaksana mendampingi uji coba awal untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik sebelum dilakukan penanaman secara massal.

Pendampingan dan Evaluasi

- a. Tim Pelaksana memberikan pendampingan rutin kepada mitra untuk memastikan bahwa mereka dapat mengoperasikan dan merawat sistem hidroponik vertikal tower bayam hijau dengan baik.
- b. Tim Pelaksana melakukan evaluasi berkala terhadap kinerja produksi untuk mengidentifikasi masalah dan area perbaikan.
- c. Tim Pelaksana memberikan bimbingan dalam mengatasi masalah teknis atau manajerial yang mungkin timbul selama proses produksi.

Keberlanjutan Program

- a. Berkolaborasi bersama mitra mengembangkan rencana jangka panjang dengan berkolaborasi bersama Dinas Pertanian setelah program pengabdian kepada masyarakat selesai agar teknologi dapat dikembangkan.
- b. Menjadikan mitra sebagai sasaran kolaborasi kegiatan pengabdian masyarakat secara periodic melalui pendanaan internal UMJ.
- c. Menyediakan dukungan dalam mencari sumber daya tambahan, seperti pendanaan atau pelatihan lanjutan, untuk meningkatkan kemampuan dan pertumbuhan bisnis mitra

CV Hidroponikita Tani Mandiri merupakan kebun budidaya sayuran yang menggunakan teknik hidroponik horizontal kultural sebagai metode utama dalam produksi sayuran. CV Hidroponikita memiliki kebun budidaya di beberapa lokasi. Salah satunya Kebun Serua Farm. Kebun Serua Farm merupakan salah satu kebun yang dimiliki oleh CV Hidroponikita berfokus pada budidaya bayam hijau. Sumber daya yang dimiliki oleh mitra berupa screen house, pompa air, instalasi, gudang nutrisi, dan peralatan hidroponik lainnya. Kebun serua farm memiliki sarana dan prasarana yang dapat menunjang operasional perusahaan. Pertama, screen house digunakan untuk kegiatan produksi sayuran dan melindungi tanaman dari serangan hama dan penyakit. Kedua, Gudang logistik yang difungsikan sebagai tempat menyimpan peralatan, nutrisi maupun benih. Ketiga, kantor memiliki fasilitas seperti ruang kerja dan ruang untuk proses sortasi dan packing. Keempat, selain memiliki sarana dan prasarana yang dapat menunjang kegiatan usaha, mitra juga sudah memiliki 12 karyawan yang dialokasikan untuk melaksanakan proses produksi seperti penyemaian, penanaman, pemeliharaan, pemanenan dan pengemasan. Kelima, luas lahan kebun serua farm sebesar 1.000 meter persegi dan digunakan untuk hidroponik bayam hijau sekitar 300 meter persegi dengan jumlah yang dimiliki 5.400 lubang tanam. Pada pelaksanaan budidayanya, mitra memiliki dua fase pertumbuhan yaitu fase remaja setiap bulannya memproduksi sebanyak 2.100 lubang tanam dan fase dewasa sebanyak 3.300 lubang tanam dengan persentase keberhasilan panen

sebesar 85%-95%. Kebun serua farm memiliki 3 rak remaja dengan jumlah 20 pipa setiap rak, memiliki 1 rak apung dan 1 rak percobaan serta 16 rak produksi. Namun, sejak bulan November 2023 rak produksi yang bisa digunakan hanya 9 rak dengan kapasitas produksi mencapai 100 kg setiap bulannya. Hal ini disebabkan oleh beberapa rak lainnya mengalami kerusakan, sehingga belum bisa difungsikan untuk rak produksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran IPTEKS pada mitra mulanya hanya mengadopsi sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). Sistem ini memanfaatkan genangan pada instalasinya dan menggunakan sirkulasi dengan aliran lambat. Sistem DFT membutuhkan luas lahan yang besar, sedangkan luas lahan untuk budidaya bayam hijau di kebun serua farm tergolong kecil sebesar 300 meter persegi. Pada program ini untuk memanfaatkan lahan terbatas dan dapat meningkatkan produksi dan pendapatan mitra maka dilakukan inovasi sistem hidroponik vertikal tower. Sistem hidroponik vertikal tower memberikan inovasi pemanfaatan lahan ruang terbatas untuk memaksimalkan produktivitas penggunaan lahan. Adapun kegiatan yang sudah diimplementasikan sebagai berikut:

a. Pelatihan dan Workshop

Pelatihan dan Workshop dimulai dengan penyampaian materi mengenai Nutrisi Tanaman. Pada sesi ini, membahas pentingnya pemahaman tentang nutrisi bagi pertumbuhan tanaman yang optimal. Selanjutnya, ketua pelaksana bersama tim mahasiswa, mempresentasikan materi tentang teknis pembuatan hidroponik vertikal tower dan menjelaskan langkah-langkah dan teknik yang dapat diterapkan dalam pembuatan sistem hidroponik yang efisien. Kemudian dilanjutkan dengan menyampaikan materi mengenai Logo dan Merek sebagai Identitas UMKM. Sesi ini membahas pentingnya branding dalam meningkatkan daya saing produk lokal.



Gambar 1. Pelatihan dan Workshop

b. Pendampingan Pembuatan Hidroponik Vertikal Tower

Aktivitas ini melibatkan berbagai pihak, termasuk dosen, mahasiswa, dan mitra, yang memiliki keahlian dalam sistem pertanian hidroponik. Langkah awal dari kegiatan ini membuat lubang tanam pada tower.



Gambar 2. Pendampingan Pembuatan Lubang Tanam pada Tower

Setelah selesai, tahap pembangunan instalasi dimulai dengan pemasangan tower hidroponik vertikal yang menjadi inti dari sistem ini. Tower tersebut dirancang untuk memaksimalkan penggunaan ruang vertikal, sehingga memungkinkan penanaman dalam jumlah besar meskipun di area yang terbatas. Satu tower memiliki 60 lubang, jika dijumlahkan dengan 3 tower yang tersedia, mitra menambah 180 lubang. Pemasangan tower dilengkapi dengan sistem pompa celup yang berfungsi untuk mendistribusikan air nutrisi secara optimal ke seluruh tanaman. Pompa celup ini sangat penting karena memastikan nutrisi tersebar merata ke semua tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman lebih sehat dan produktivitas meningkat.



Gambar 3. Pendampingan Instalasi Irigasi pada Tower

Selain instalasi fisik, perhatian besar juga diberikan pada pemilihan dan pengelolaan nutrisi yang tepat. Nutrisi hidroponik harus disesuaikan dengan kebutuhan tanaman hijau seperti bayam yang menjadi fokus dari program

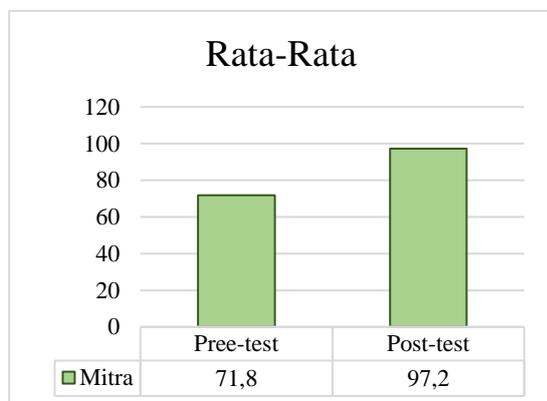
ini. Tim dari universitas memberikan pelatihan kepada mitra terkait komposisi nutrisi yang ideal serta cara monitoring tingkat keasaman (pH) dan konduktivitas listrik (EC) pada larutan nutrisi. Pengelolaan nutrisi yang baik akan memastikan tanaman mendapatkan asupan yang optimal untuk pertumbuhan yang maksimal. Kegiatan ini, diharapkan mitra dapat menguasai teknologi hidroponik secara mandiri dan berkelanjutan, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan pendapatan mereka. Kolaborasi ini juga memberikan dampak positif terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang agrikultur, karena mahasiswa dan dosen dapat langsung berkontribusi dalam proyek nyata yang relevan



Gambar 4. Pendampingan Pembuatan Nutrisi Hidroponik

c. Monitoring dan Evaluasi

Kegiatan ini telah berhasil dilaksanakan, dan hasil evaluasi yang dilakukan melalui pre-test dan post-test menunjukkan bahwa pelatihan tersebut mampu meningkatkan pengetahuan mitra mengenai penerapan teknologi hidroponik vertikal tower sebagai upaya untuk meningkatkan produksi bayam hijau serta mendukung green economy. Perbedaan skor pre-test dan post-test dari para peserta mitra dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Perbedaan Rata-rata Skor Pre-Test dan Post-Test

Gambar di atas memperlihatkan perbedaan yang signifikan antara skor pre-test

dan post-test dari peserta mitra. Sebelum mengikuti pelatihan, rata-rata skor pre-test adalah 71,8, yang mengindikasikan bahwa pengetahuan awal peserta mengenai topik ini masih terbatas. Namun, setelah pelatihan, rata-rata skor post-test meningkat menjadi 97,2. Peningkatan ini jelas menunjukkan adanya peningkatan pemahaman mitra setelah pelatihan. Perubahan pengetahuan tersebut tidak hanya tercermin dari perbandingan rata-rata skor, tetapi juga didukung oleh analisis statistik lebih lanjut menggunakan uji t sampel berpasangan (*Paired Samples t-Test*). Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara hasil pre-test dan post-test, yang mencerminkan peningkatan pengetahuan peserta setelah intervensi pelatihan.

Hasil uji t sampel berpasangan menunjukkan bahwa nilai signifikansi yang diperoleh (0,000) lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditetapkan (0,05). Ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor pre-test dan post-test, yang menandakan peningkatan pengetahuan peserta setelah pelatihan. Hasil ini mengindikasikan bahwa pelatihan yang diberikan efektif dalam meningkatkan pengetahuan peserta terkait topik yang diajarkan. Peningkatan pengetahuan ini juga mencerminkan keberhasilan metode pengajaran yang digunakan selama pelatihan, serta antusiasme peserta sepanjang kegiatan.

Secara keseluruhan, hasil dari pengukuran pre-test dan post-test, serta uji t sampel berpasangan, menunjukkan bahwa kegiatan ini memberikan dampak positif yang signifikan terhadap para peserta. Diharapkan, pengetahuan yang diperoleh tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek, tetapi juga dapat diterapkan dalam jangka panjang dan diterapkan dalam usaha mitra. Hasil ini konsisten dengan penelitian Putri et al. (2023), yang menunjukkan bahwa metode dan materi pelatihan memiliki pengaruh signifikan terhadap kompetensi peserta, mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

4. KESIMPULAN

Program pelatihan dan pendampingan hidroponik vertikal tower yang diimplementasikan pada mitra bertujuan untuk

memanfaatkan lahan terbatas guna meningkatkan produksi dan pendapatan mitra. Melalui pelatihan yang melibatkan berbagai pihak, mitra mendapatkan pengetahuan dan keterampilan terkait teknik pembuatan serta pengelolaan sistem hidroponik vertikal tower. Program ini terbukti berhasil meningkatkan pemahaman mitra, yang dibuktikan dengan peningkatan signifikan pada hasil post-test dibandingkan pre-test. Peningkatan skor ini mengindikasikan bahwa mitra mampu menguasai konsep dasar nutrisi tanaman, teknik instalasi hidroponik, serta pengelolaan nutrisi yang tepat untuk tanaman hijau seperti bayam. Selain itu, kolaborasi ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga memperhatikan branding mitra dengan memberikan materi tentang pentingnya logo dan merek sebagai identitas produk. Implementasi teknologi hidroponik ini berpotensi meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha mitra, sekaligus mendukung ekonomi hijau (*green economy*). Evaluasi yang dilakukan menunjukkan dampak positif pelatihan terhadap peningkatan pengetahuan dan keterampilan mitra, serta menunjukkan keberhasilan metode pelatihan yang digunakan.

Mitra disarankan untuk terus mengembangkan sistem hidroponik vertikal yang telah diterapkan dan Kolaborasi dengan perguruan tinggi diharapkan dapat terus berlanjut, tidak hanya dalam aspek pengabdian kepada masyarakat, tetapi juga riset dan pengembangan teknologi pertanian berkelanjutan untuk mendukung inovasi yang lebih baik bagi kesejahteraan mitra.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian, Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia selaku instansi pemberi dana dengan Nomor Kontrak Induk: 066/E5/PG.02.00/PM.BATCH.2/2024 serta Nomor Kontrak Turunan 1045/LL3/DT.06.01/2024 dan 155/R-UMJ/VIII/2024. Selanjutnya, kepada LLDIKTI wilayah III, LPPM UMJ, Prodi Agribisnis dan Fakultas Pertanian atas fasilitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-zahrani, M. S., Hassanien, H. A., Alsaade, F. W., & Wahsheh, H. (2023). Effect of stocking density on sustainable growth performance and water quality of Nile tilapia-spinach in NFT aquaponic system. *Sustainability*.
- Bakriansyah, A. H., Daud, M., Taufiq, T., & Asran, A. (2023). Prototype of automatic monitoring and control system for water supply, acidity, and nutrition in Internet of Things based DFT hydroponics. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(2).
- Cartika, I., & Adiwijaya, H. D. (2022). Pertumbuhan dan produksi kangkung hidroponik sistem DFT pada media semai dan jumlah bibit yang berbeda. *Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture*.
- Indriani, D. W., Maharsih, I. K., Putranto, A. W., Wibisono, Y., Argo, A. D., & Latriyanto, A. (2022). Case study of DFT (Deep Flow Technique)-NFT (Nutrient Flow Technique) hydroponic planting patterns in first middle school students. *Journal of Innovation and Applied Technology*.
- Khozin, M. N., Al Firdauzi, S., Rizkiyah, N. N., Hidayatullah, R., & Soeparjono, S. (2023). Response water spinach (*Ipomoea aquatica*) to different medium treatment with AB Mix nutrients on the cultivation hydroponic DFT (Deep Flow Technique). *Journal of Soilscape and Agriculture*.
- Mohapatra, B., Panda, S. K., Chandan, N. K., & Majhi, D. (2023). Design and development of user-friendly vertical aquaponics set-up for ornamental fish and plants. *Current World Environment*.
- Nasaruddin, N., Anshori, M., Bdr, M. F., Iswoyo, H., Musa, Y., Arifuddin, M., & Sakinah, A. I. (2022). Hydroponic salinity screening by Deep Flow Technique on all paddy growing phases. *Agrotech Journal*
- Ningrum, S. S., Saleh, I., & Budirokhman, D. (2019). Effect of nutrient solution flow interval on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa*) grown in hydroponically

- Deep Flow Technique. *AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences*.
- Putra, R. R. P., & Cahyonugroho, O. H. (2021). Efisiensi metode Deep Flow Technique untuk menurunkan BOD, COD dan TSS pada limbah cair domestik menggunakan tumbuhan kayu apu dan kangkung air. *Envirotek*, 13, 37-43.
- Putri, R. E., Feri, A., Irriwad, P., & Hasan, A. (2022). Performance analysis of hydroponic system on verticulture technique of spinach (*Ipomoea aquatica*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1116.
- Putri, F. S., Fevria, R., D. M., & Putri, I. L. E. (2023). The effect of nano technology liquid organic fertilizer on the growth of red spinach (*Amaranthus tricolor* L.) cultivated hydroponically. *Jurnal Biologi Tropis*.
- Saidah, Nirma, W. A., Damayanti, A., Amalia, A. F., Padang, I. S., Boy, R., Suwitra, I., Tina, F., Rahayu, H. S., & Nurmasitah, R. (2023). Utilization of agricultural waste as hydroponic media for the Deep Flow Technique system and combination of nutrients for shallot plants from seeds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1287.
- Soares, H. R., Silva, E. F. F., Silva, G. F. D., Cruz, A. F. D. S., Santos Júnior, J. A., & Rolim, M. M. (2020). Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in NFT hydroponic system. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24, 258-265.
- Syed, A., Khan, Z. A., Chattha, S. H., Ali, M. N. H. A., Bughio, Z. R., Dahri, S. H., & Buriro, G. B. (2021). Comparative assessment of hydroponic and geponic cultivation systems for sustainable spinach cultivation. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 34(4), 678-688.
- Triantino, S. B., Mulwinda, A., Hangga, A., Utomo, A. B., Salim, N. A., & Nisa, A. M. (2022). Control system of nutrient solution pH using fuzzy logic for hydroponics system. 2022 9th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), 71-75.
- Utami, Y., Fevria, R., Vauzia, V., & Putri, I. L. E. (2023). The effect of nano technology liquid organic fertilizer on the growth of spinach (*Amaranthus hybridus* L.) cultivated hydroponically. *Jurnal Biologi Tropis*.

