

APLIKASI SISTEM AQUAPONIK DENGAN HIDROPONIK DFT PADA BUDIDAYA TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

Application of Aquaponic System with DFT Hydroponics in Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Cultivation

Rahmi Awalina dan Ayendra Asmuti

Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian

Alamat Email : rahmiawalina85@gmail.com

ABSTRAK

Akuaponik merupakan sistem budidaya terintegrasi yang menggabungkan teknik hidroponik dengan budidaya ikan dalam ekosistem sirkulasi tertutup, di mana air limbah hasil metabolisme ikan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi alami bagi tanaman. Berbeda dari hidroponik konvensional yang bergantung pada larutan AB mix, sistem ini menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh tiga desain sistem hidroponik DFT berbeda terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.), yang dikenal bernilai ekonomis dan bergizi tinggi. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot segar tanaman. Data dianalisis menggunakan uji ANAVA satu arah pada taraf signifikansi 5%. Hasil menunjukkan adanya perbedaan nyata antar model, di mana sistem piramida memberikan hasil terbaik dengan rata-rata tinggi tanaman 22,4 cm, jumlah daun 8,6 helai, dan bobot segar 74,8 gram. Temuan ini menunjukkan bahwa desain sistem DFT berpengaruh signifikan terhadap produktivitas tanaman dalam sistem akuaponik.

Kata kunci-akuaponik; hidroponik; pakcoy

ABSTRACT

Aquaponics is an integrated cultivation system that combines hydroponic techniques with fish farming in a closed circulation ecosystem, where wastewater from fish metabolism is used as a natural nutrient source for plants. Different from conventional hydroponics that relies on AB mix solutions, this system offers a more environmentally friendly and sustainable alternative. This study aims to evaluate the effect of three different DFT hydroponic system designs on the growth of pak choi (*Brassica rapa* L.), which is known to be economically valuable and highly nutritious. The parameters observed included plant height, number of leaves, and fresh weight of plants. Data were analyzed using a one-way ANOVA test at a significance level of 5%. The results showed significant differences between models, where the pyramid system gave the best results with an average plant height of 22.4 cm, number of leaves 8.6 strands, and fresh weight of 74.8 grams. These findings indicate that the DFT system design has a significant effect on plant productivity in the aquaponic system.

Keywords-aquaponics; hydroponics; pakcoy

PENDAHULUAN

Pertanian memegang peranan strategis dalam memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat yang terus meningkat dari waktu ke waktu. Salah satu tantangan utama dalam sektor ini adalah keterbatasan lahan, terutama di wilayah urban. Untuk menjawab tantangan tersebut, berbagai pendekatan inovatif telah dikembangkan, termasuk sistem budidaya yang mampu beroperasi secara efisien di lahan terbatas. Optimalisasi pemanfaatan lahan pekarangan menjadi salah satu strategi dalam mendukung ketahanan pangan keluarga. Lahan pekarangan, meskipun sempit, dapat difungsikan untuk kegiatan pertanian seperti penanaman sayuran atau kolam ikan, yang tidak hanya memenuhi kebutuhan gizi keluarga, tetapi juga berpotensi memberikan kontribusi ekonomi tambahan. Lebih lanjut, air dari kolam ikan tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan (Puspitasari et al., 2020).

Konsep pertanian perkotaan atau urban farming saat ini semakin mendapat perhatian, baik dari masyarakat maupun pemerintah, karena kontribusinya terhadap penyediaan pangan sehat serta dampaknya terhadap kelestarian lingkungan. Urban farming mendukung tersedianya produk segar dan

lebih alami, termasuk komoditas organik dengan kadar residu kimia yang lebih rendah (Zulhelman et al., 2017). Salah satu teknologi pertanian urban yang berkembang pesat di Indonesia adalah sistem akuaponik, yang mengintegrasikan akuakultur dan hidroponik dalam satu ekosistem tertutup dan saling menguntungkan (Amos Hosea P et al., 2023).

Akuaponik memiliki berbagai keunggulan, di antaranya efisiensi penggunaan air yang tinggi—dengan penghematan mencapai 97% dibandingkan sistem konvensional—serta kemampuannya dalam menjaga kualitas air melalui interaksi biologis antara ikan dan tanaman (Shobihah et al., 2022). Salah satu tanaman yang cocok untuk sistem ini adalah pakcoy (*Brassica rapa* L.), karena kemampuannya dalam menyerap senyawa sisa seperti amonia dan nitrat dari limbah metabolisme ikan, sekaligus membantu menyeimbangkan ekosistem perairan (Gumelar et al., 2017).

Pakcoy merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi dan memiliki permintaan pasar yang stabil, sehingga menjadi pilihan unggulan dalam budidaya akuaponik. Jika sebelumnya pakcoy ditanam secara konvensional di lahan terbuka, kini metode hidroponik menjadi solusi pertanian modern yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Salah satu teknik yang banyak diterapkan dalam hidroponik adalah Deep Flow Technique (DFT), di mana akar tanaman direndam dalam larutan nutrisi setinggi 3–4 cm untuk menjaga pasokan unsur hara secara kontinu (Wibowo, 2020). Meskipun efektif dalam menyediakan nutrisi, sistem DFT memiliki tantangan berupa risiko pembusukan akar akibat kelembaban berlebih dan rendahnya kadar oksigen terlarut.

Untuk itu, penerapan sistem akuaponik berbasis DFT pada budidaya pakcoy diharapkan mampu mengoptimalkan produktivitas tanaman sekaligus menjaga keseimbangan lingkungan budidaya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tiga model sistem hidroponik DFT dalam akuaponik terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pertanian berkelanjutan, baik sebagai solusi pemenuhan kebutuhan pangan keluarga maupun sebagai peluang usaha agribisnis skala kecil yang berbasis teknologi tepat guna.

METODOLOGI PENELITIAN

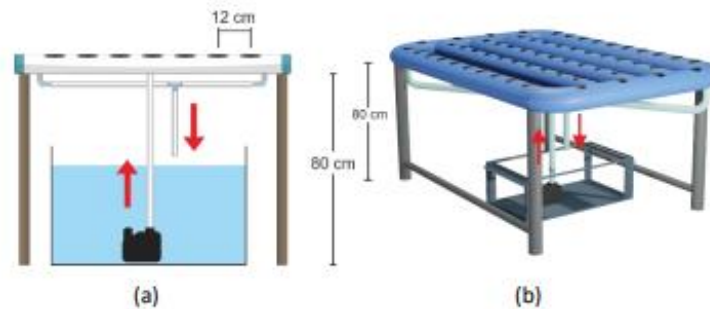
A. Alat dan Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Koto Kaciak Kelurahan Mata Air, Kecamatan Padang Selatan, Kota Padang, Sumatera Barat pada bulan Mei sampai dengan Oktober 2024. Penelitian ini menggunakan beberapa alat, seperti : kolam ikan, seperangkat lengkap tiga model hidroponik DFT, pompa air, biofilter, alat pengukur suhu, pH dan ppm air (TDS meter), tester amonia, kamera, penggaris, meteran, selang plastik, ember, nampan, pottray, net pot, kabel *roll*, timbangan digital, dan alat tulis. Metode yang digunakan adalah *pengukuran* langsung di lapangan, yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat tanaman pakcoy, serta analisis data hasil pengukuran tanaman. Selain itu juga dilakukan pengukuran kualitas air, yang meliputi suhu, pH dan konsentrasi air kolam serta kandungan ammonia pada air kolam.

B. Rancangan Instalasi aquaponik dengan hidroponik DFT

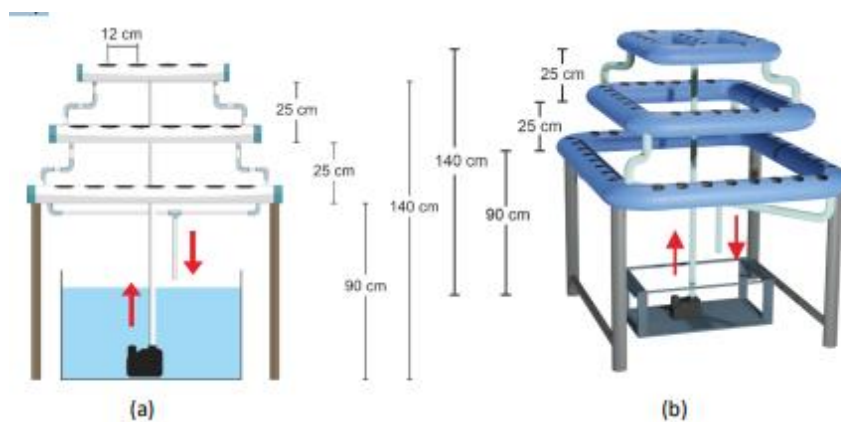
Proses pembuatan instalasi aquaponik dengan hidroponik DFT membutuhkan 3 model sistem, diantaranya: model meja, model piramida dan model anak tangga. Pembuatan masing-masing model nantinya akan dihubungkan dengan kolam ikan baik *input* maupun *output*nya.

Proses pembuatan instalasi aquaponik dengan sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) diawali dengan menyiapkan kolam ikan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Kolam ikan yang digunakan berukuran 2,5 meter panjang, 0,8 meter lebar, dan 1,0 meter kedalaman, kemudian diisi dengan ikan nila. Selanjutnya, disiapkan tiga model sistem hidroponik DFT yang akan diuji, yaitu model meja, model piramida, dan model anak tangga. Model meja memiliki bentuk datar menyerupai meja kerja dengan ketinggian sekitar 80 cm dari permukaan tanah. Pada model ini, tersedia 56 lubang tanam dengan jarak antar lubang sekitar 12 cm, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Ketiga model hidroponik tersebut dihubungkan dengan sistem sirkulasi tertutup, di mana air dari kolam ikan dialirkan ke instalasi hidroponik sebagai larutan nutrisi tanaman, kemudian kembali ke kolam setelah melewati sistem tanam.



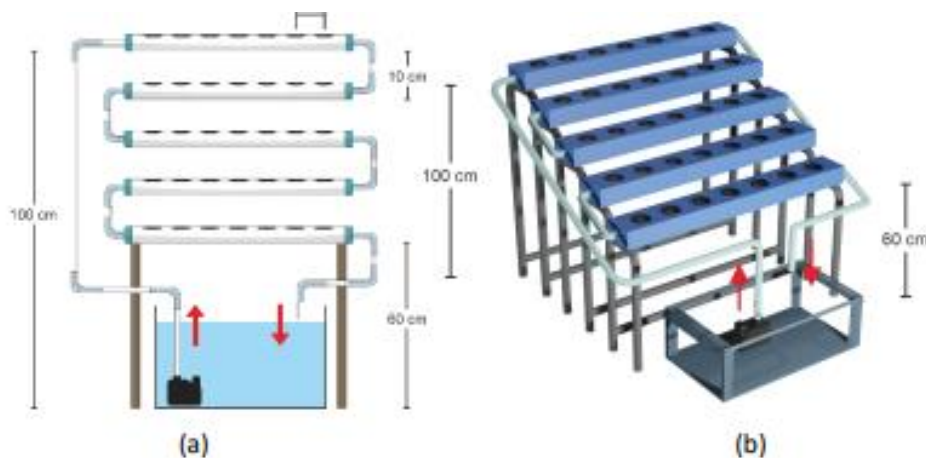
Gambar 1. Hidroponik DFT model meja (a) tampak samping dan (b) tampak isometri (Zulhelman et al., 2017)

Model piramida bentuknya persegi bertingkat tiga dengan ukuran semakin ke atas semakin kecil dengan total ketinggian 140 cm. Jumlah lubang tanaman adalah 72 lubang, dengan jarak antar lubang 12 cm (Gambar 2).



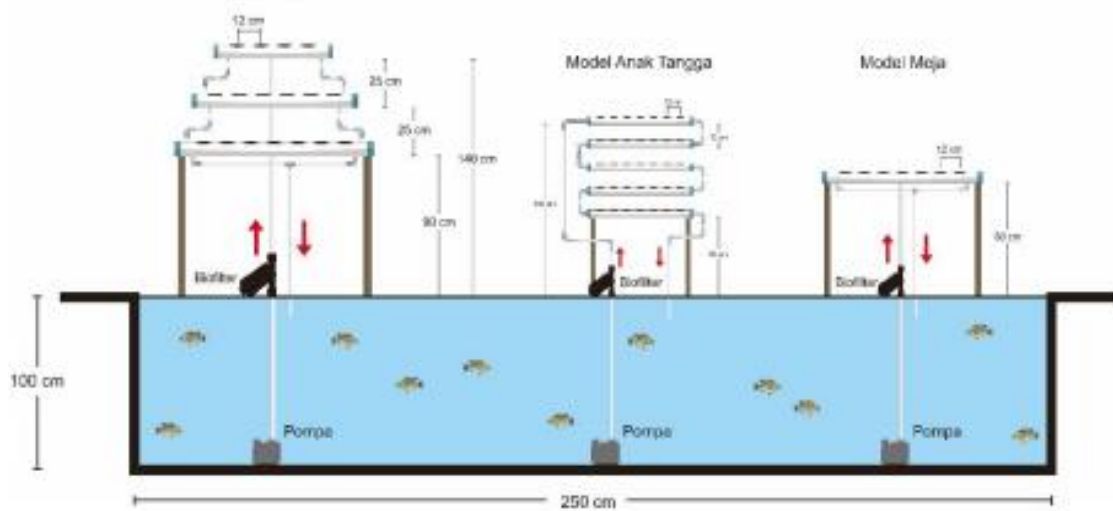
Gambar 2. Hidroponik DFT model piramida (a) tampak samping dan (b) tampak isometri (Zulhelman et al., 2017)

Model anak tangga bentuknya bertingkat lima menyerupai anak tangga/bangku dengan total ketinggian 100 cm. Jumlah lubang tanaman pada setiap tingkatan anak tangga adalah 7 lubang. Apabila jumlah anak tangga. anak tangga 4 maka total jumlah lubang tanaman adalah 28 lubang, dengan jarak antar lubang 12 cm (Gambar. 3)



Gambar 3. Hidroponik DFT model anak tangga (a) tampak samping dan (b) tampak isometri (Zulhelman et al., 2017)

Air yang berasal dari kolam ikan akan tersirkulasi mengalir menuju ketiga model hidroponik DFT, yang sebelumnya tersaring menggunakan biofilter, dan selanjutnya mengalir kembali ke kolam ikan. Tata letak ketiga model hidroponik DFT disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tata letak ketiga model hidroponik DFT (Zulhelman et al., 2017)

C. Pengamatan

Proses persemaian benih tanaman pakcoy dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis. Langkah pertama adalah menyiapkan media semai berupa *pottray*, kemudian memotong *rockwool* berbentuk persegi dengan ukuran kurang lebih 2 cm x 2 cm. *Rockwool* yang telah dipotong diletakkan ke dalam *pottray* dan dibasahi hingga mencapai kondisi lembap. Selanjutnya, benih pakcoy ditaburkan satu per satu di atas setiap potongan *rockwool*. Setelah itu, persemaian diletakkan di tempat yang teduh dan tetap lembap hingga benih berkecambah. Bibit pakcoy siap dipindahkan ke sistem tanam hidroponik setelah mencapai umur sekitar 14 hari setelah semai, atau setelah muncul daun sejati.

Setelah bibit pakcoy ditanam dalam *netpot*, proses pemindahan ke dalam instalasi hidroponik DFT dilakukan dengan menempatkan tanaman ke dalam tiga model sistem hidroponik, yaitu model meja, piramida, dan anak tangga. Pompa air kemudian diaktifkan untuk memastikan sirkulasi air dari kolam ikan menuju sistem hidroponik berjalan dengan baik. Selama masa pertumbuhan, tinggi tanaman dan jumlah daun diukur setiap minggu sebagai parameter pertumbuhan, sementara berat tanaman ditimbang pada saat panen. Untuk memastikan kualitas lingkungan tumbuh tetap optimal, dilakukan pula pengukuran suhu, pH, dan tingkat kepekatan larutan nutrisi (ppm) dari air kolam. Selain itu, kandungan amonia dalam air kolam juga dipantau secara berkala guna menjaga kesehatan ikan dan tanaman dalam sistem aquaponik.

D. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi performa pertumbuhan tanaman pakcoy pada tiga model sistem hidroponik DFT, yaitu model meja, piramida, dan anak tangga. Parameter yang diukur meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), dan berat basah tanaman (gram). Pengukuran dilakukan pada saat tanaman mencapai waktu panen, yakni sekitar 28–35 hari setelah tanam, untuk memastikan bahwa seluruh data diperoleh pada kondisi pertumbuhan yang relatif seragam.

Data hasil pengukuran dari masing-masing model hidroponik kemudian dianalisis secara kuantitatif menggunakan uji Analisis Varians (Anava) satu jalan (*one-way ANOVA*) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Tujuan dari penggunaan metode ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara ketiga model terhadap masing-masing parameter pertumbuhan tanaman. Uji Anava dipilih karena sesuai untuk membandingkan rata-rata lebih dari dua kelompok data yang berasal dari populasi yang berbeda namun homogen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kepadatan Ikan

Penelitian ini memanfaatkan kolam ikan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman selada yang ditanam menggunakan tiga model hidroponik DFT. Kolam ikan yang digunakan memiliki ukuran 2,5 m × 0,8 m dengan luas total 2,0 m². Ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan nila dengan jumlah 100 ekor berukuran 6–10 cm, yang setara dengan tiga kali ukuran ikan nila berukuran 2–3 cm. Dengan demikian, kepadatan ikan dalam penelitian ini setara dengan 300 ekor ikan nila berukuran 2–3 cm per luas kolam 2 m² atau 150 ekor/m². Menurut Zalukhu et al. (2018), sistem akuaponik untuk budidaya tanaman pakcoy idealnya menggunakan kepadatan ikan nila maksimum 150 ekor/m². Sementara itu, Arzad et al. (2019) juga menyatakan bahwa kepadatan ikan nila yang optimal dalam sistem akuaponik adalah 30 ekor per 0,2 m² atau setara dengan 150 ekor/m². Berdasarkan hal tersebut, kepadatan ikan dalam penelitian ini telah memenuhi standar kepadatan ideal dalam sistem akuaponik.

B. Kualitas Air

Air kolam dalam penelitian ini digunakan sebagai larutan nutrisi bagi tanaman pakcoy dan disirkulasikan dengan bantuan pompa air. Pengukuran kualitas air dilakukan setiap minggu pada dua titik, yaitu saat air masuk ke sistem hidroponik DFT (*input*) dan saat air kembali ke kolam ikan (*output*).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Minggu	<i>Input</i>				<i>Output</i>			
	pH air	ppm	Suhu air (°C)	Kadar amonia (mg/l)	pH air	ppm	Suhu air (°C)	Kadar amonia (mg/l)
1	7,4	705	28,4		7,1	695	27,2	
2	7,5	735	26,7		7,1	730	26,5	
3	7,4	700	28,0	0,000	7,0	665	25,1	0,000
4	7,5	815	30,0		7,3	800	28,2	
5	7,3	815	29,4	0,125	6,9	780	28,5	0,125
6	7,4	835	30,0		7,0	830	28,5	
7	7,4	840	29,3	0,125	7,0	835	28,1	0,125

1. pH Air

Selama penelitian, pH air yang diukur pada *input* berkisar antara 7,3–7,5, sedangkan pada *output* berkisar antara 6,9–7,3. Menurut Tarigan (2002), rentang pH yang sesuai untuk budidaya ikan air tawar adalah 6,5–7,5, dan pH dalam kisaran 6,5–9 masih baik untuk produksi ikan. Dengan demikian, pH air dalam penelitian ini masih berada dalam batas optimal untuk sistem akuaponik.

2. Konsentrasi Air (ppm)

Setiap jenis tanaman memiliki kebutuhan konsentrasi larutan nutrisi yang berbeda. Menurut Nugroho (2016), tanaman pakcoy membutuhkan konsentrasi larutan antara 560–840 ppm, sementara Roberto (2017) menyatakan bahwa konsentrasi optimal untuk tanaman pakcoy adalah sekitar 800 ppm. Hasil pengukuran selama penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi air pada *input* berkisar antara 705–840 ppm dan *output* 665–835 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan nutrisi dalam air masih berada dalam kisaran ideal untuk pertumbuhan tanaman pakcoy.

3. Suhu Air

Air kolam dalam sistem akuaponik harus selalu mengalir untuk mendukung pertumbuhan ikan dan menjaga kualitas air (Tarigan, 2002). Suhu merupakan salah satu indikator utama dalam kualitas air, di mana suhu yang stabil berkisar antara 25–30°C sangat dianjurkan untuk daerah tropis seperti Indonesia (Tarigan, 2002). Hasil pengukuran suhu selama penelitian menunjukkan bahwa suhu air pada *input* berkisar antara 26,7–30,0°C, sedangkan pada *output* berkisar antara 25,1–28,5°C. Berdasarkan data tersebut, suhu air dalam penelitian ini masih berada dalam kisaran yang optimal untuk budidaya ikan dan tanaman dalam sistem akuaponik.

4. Kadar Amonia

Kualitas air yang baik sangat penting dalam budidaya ikan, karena air yang tidak mengalir dapat menyebabkan akumulasi sisa pakan dan kotoran ikan, yang berpotensi menurunkan kualitas air serta bersifat racun bagi ikan (Gumelar et al., 2017). Menurut Molleda (dalam Gumelar et al., 2017), pembusukan bahan organik oleh mikroba dan jamur dapat menghasilkan amonia dalam air kolam, yang terdiri dari dua bentuk, yaitu amoniak (NH_3) dan amonium (NH_4^+). Konsentrasi amonia dalam air sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH, di mana peningkatan suhu dan pH dapat meningkatkan kadar NH_3 yang bersifat toksik bagi ikan.

Selama penelitian, kadar amonia yang diukur dalam air kolam berkisar antara 0,000–0,125 mg/L. Pada pengukuran terakhir, kadar amonia tertinggi tercatat akibat adanya penumpukan kotoran ikan. Menurut Molleda (dalam Rini et al., 2018), batas toleransi total amonia untuk ikan air tawar adalah 2,0 mg/L. Dengan demikian, kadar amonia dalam penelitian ini masih berada dalam batas toleransi yang aman bagi ikan nila.

C. Pengukuran Tanaman

Jarak tanam antar tanaman pakcoy umumnya sekitar 20 cm, dengan waktu panen antara 35–60 hari setelah tanam (hst). Namun, dalam sistem hidroponik, pakcoy dapat dipanen lebih cepat, yaitu dalam rentang 28–50 hst (Haryanto et al., 2003). Pengukuran tanaman pakcoy dalam penelitian ini dilakukan pada saat panen untuk ketiga model hidroponik DFT (Tabel 2).

Tabel 2. Rata-rata Hasil Pengukuran pada Ketiga Model Hidroponik DFT

Parameter	Model DFT		
	Meja	Piramida	Anak tangga
Tinggi tanaman (cm)	19,74	22,4	18,0
Jumlah daun (helai)	7,7	8,6	7,2
Berat tanaman (g)	68,8	74,8	64,3

Menurut Fitriansah et al. (2018), dalam budidaya pakcoy menggunakan sistem hidroponik dengan larutan AB mix, tinggi tanaman berkisar antara 25–31 cm, jumlah daun 8,25–9,75 helai, dan berat tanaman 77,23 – 83,60 g. Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 2), pertumbuhan pakcoy dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh jarak tanam yang lebih rapat, yaitu 12 cm, yang mengakibatkan persaingan tinggi antar tanaman dalam memperoleh nutrisi. Selain itu, larutan nutrisi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air kolam ikan, bukan dari pupuk AB mix, sehingga kandungan unsur hara yang tersedia tidak selengkap sistem hidroponik konvensional.

Dari ketiga model hidroponik DFT yang diuji, model piramida menghasilkan pertumbuhan tanaman terbaik, diikuti oleh model meja dan model anak tangga (Tabel 2). Hasil uji statistik menggunakan Analisis Varians (Anava) satu jalur pada taraf signifikansi 5% (Tabel. 3) menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada tiga parameter yang diukur, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat tanaman.

Tabel 3. Hasil Anava ketiga parameter

Parameter	$F_{\text{observasi}} (F_o)$	$F_{\text{teoritis}} (F_t)$	Keterangan
Tinggi tanaman	9,19	3,06	Ha diterima karena $F_o > F_t$, artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan ketiga model hidroponik terhadap tinggi tanaman
Jumlah daun	7,22	3,06	Ha diterima karena $F_o > F_t$, artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan ketiga model hidroponik DFT terhadap jumlah daun
Berat tanaman	19,49	3,06	Ha diterima karena $F_o > F_t$, artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan ketiga model hidroponik DFT terhadap berat tanaman

Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh perbedaan tinggi masing-masing model hidroponik DFT, yaitu model meja (80 cm), model piramida (140 cm), dan model anak tangga (100 cm). Model piramida

memiliki tinggi terbesar, yang meningkatkan gaya gravitasi dan mempercepat aliran larutan nutrisi, sehingga meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air. Menurut Sutiyoso (dalam Wibowo, 2020), oksigen sangat diperlukan dalam proses pembebasan energi pada tanaman, yang berperan dalam penyerapan air dan unsur hara. Jika konsentrasi oksigen dalam larutan nutrisi berkurang, maka proses penyerapan nutrisi oleh tanaman menjadi kurang optimal, yang berakibat pada pertumbuhan tanaman yang lebih lambat. Berdasarkan hasil penelitian ini, model hidroponik DFT yang memberikan hasil pertumbuhan pakcoy terbaik adalah model piramida, diikuti oleh model meja dan model anak tangga.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada tiga parameter pertumbuhan tanaman pakcoy (tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat tanaman) dalam sistem akuaponik dengan tiga model hidroponik DFT yang berbeda. Model hidroponik DFT yang memberikan hasil pertumbuhan terbaik adalah model piramida. Rata-rata hasil yang diperoleh pada model ini adalah tinggi tanaman sebesar 22,4 cm, jumlah daun 8,6 helai, dan berat tanaman 74,8 g. Keunggulan model piramida kemungkinan disebabkan oleh tingginya sistem yang meningkatkan aliran air dan kadar oksigen terlarut dalam larutan nutrisi, sehingga mendukung penyerapan unsur hara secara lebih optimal oleh tanaman. Dengan demikian, model piramida dapat direkomendasikan sebagai model hidroponik DFT yang lebih efektif dalam sistem akuaponik untuk budidaya pakcoy dibandingkan dengan model meja dan model anak tangga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak atas dukungan dalam penelitian ini, terutama kepada Fakultas Teknologi Pertanian dalam skema penelitian DIPA 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Amos Hosea P, Dioz Ananditya P, Ernik Ernawati, Nungki Regata A, & Salma Dwi Z. (2023). Budidaya Hidroponik Pakcoy (*Brassica Rapa L*) dan Ikan Nila dengan Sistem Akuaponik (Studi Kasus Desa Losari Nganjuk). *NUSANTARA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(3). <https://doi.org/10.55606/nusantara.v3i3.1468>
- Arzad, M., Ratna, R., & Fahrizal, A. (2019). Pengaruh Padat Tebar Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dalam Sistem Akuaponik. *Median : Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 11(2). <https://doi.org/10.33506/md.v11i2.503>
- Gumelar, W. R., Nurruhwati, I., Sunarto, & Zahidah. (2017). Pengaruh Penggunaan Tiga Varietas Tanaman Pada Sistem Akuaponik Terhadap Konsentrasi Total Amonia Nitrogen Media Pemeliharaan Ikan Koi. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 8(2).
- Haryanto, E., Suhartini, T., & Rahayu, E. (2003). *Tanaman Sawi dan Selada, Penebar Swadaya*.
- Nugroho, B. W. (2016). *Tabel PPM dan pH Nutrisi Hidroponik untuk Sayuran Daun*. HidroponikPedia. <http://hidroponikpedia.com/tabel-ppm-%0Adan-ph-nutrisi-hidroponik/%0A>
- Puspitasari, D., Ariyanto, D., Rodiansah, A., Zahar, I., Asahan, U., Jalan, ;, Kisaran, J. A. Y., Pertanian, F., & Teknik, F. (2020). Pemanfaatan Lahan Pekarangan dengan Sistem Akuaponik dalam Menunjang Perekonomian di Desa Sungai Lama, Kabupaten Asahan, Sumatera Utara. *Jurnal Anadara Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1).
- Rini, D. S., Hasan, H., & Prasetyo, E. (2018). Sistem Akuaponik dengan Jenis Tumbuhan yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Tengadak. *Jurnal Ruaya : Jurnal Penelitian Dan Kajian Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 6(02). <https://doi.org/10.29406/rya.v6i02.1007>
- Roberto, K. (2017). How To Hydroponics. In *Future Garden* (Vol. 91).
- Shobihah, H. N., Yustiati, A., & Andriani, Y. (2022). Produktivitas Budidaya Ikan dalam Berbagai Konstruksi Sistem Akuaponik (Review). *Akuatika Indonesia*, 7(1). <https://doi.org/10.24198/jaki.v7i1.39441>
- Tarigan, R. (2002). Cara Pemeliharaan Ikan Pada Kolam Pekarangan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 54–90.
- Wibowo, S. (2020). Pengaruh Aplikasi Tiga Model Hidroponik DFT Terhadap Tanaman Pakcoy

- (Brassica rapa L.). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 8(3), 245–252. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2020.008.03.06>
- Zalukhu, J., Fitriani, M., & Sasanti, A. D. (2018). Pemeliharaan Ikan Nila dengan Padat Tebar Berbeda pada Budidaya Sistem Akuaponik. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 4(1), 80–90.
- Zulhelman, Ausha, H. A., & Ulfa, R. M. (2017). Pengembangan Sistem Smart Aquaponik. *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(2). <https://doi.org/10.32722/pt.v15i2.848>