

Kajian Ukuran Butir Pumice sebagai Isi Netpot Hidroponik

Ahmad Fathoni¹, Erni Romansyah¹, Adi Gunawan¹, Roviatul Zohriah^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Mataram

Email: fath_drj@yahoo.com

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan akan sistem pertanian yang efisien dan berkelanjutan mendorong pengembangan teknologi hidroponik yang tidak memerlukan tanah sebagai media tanam. Salah satu komponen penting dalam sistem ini adalah media tanam yang berfungsi menopang tanaman serta menjaga kelembapan dan aerasi optimal. Pumice (batu apung) merupakan media tanam anorganik yang bersifat porous, ringan, dan mampu mengikat air serta udara dengan baik. Namun, ukuran partikel pumice yang digunakan sebagai netpot dapat memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh ukuran pumice, yaitu P1 (2-5 mm), P2 (6-9 mm), dan P3 (10-13 mm), terhadap efektivitasnya sebagai netpot pada sistem hidroponik. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rumah Kaca Universitas Muhammadiyah Mataram, Kelurahan Tanjung Karang, Kecamatan Sekarbela, Kota Mataram, dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas tiga perlakuan ukuran pumice dan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, dan berat basah tanaman, yang dianalisis menggunakan ANOVA dan uji BNJ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P1 (pumice berukuran 2–4 mm) memberikan hasil terbaik pada sebagian besar parameter, terutama jumlah daun (12,67 helai), panjang daun (14,70 cm), dan lebar daun (7,60 cm), yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol tanpa pumice. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel pumice yang lebih kecil mampu menyediakan keseimbangan ideal antara aerasi dan kapasitas menahan air, sehingga mendukung penyerapan nutrisi dan aktivitas fotosintesis tanaman. Penelitian selanjutnya disarankan untuk membandingkan efektivitas pumice ukuran 2–5 mm dengan serabut kelapa atau bahan lain dengan ukuran serupa.

Kata kunci: Hidroponik, Isi Netpot, Pumice

Abstract

The increasing need for efficient and sustainable agricultural systems has driven the development of hydroponic technology that does not require soil as a growing medium. One important component in this system is the growing medium, which functions to support the plants and maintain optimal humidity and aeration. Pumice is an inorganic growing medium that is porous, lightweight, and able to bind water and air well. However, the size of pumice particles used as netpots can affect the growth and development of hydroponic plants. This study aims to examine the effect of pumice size, namely P1, P2, and P3, on its effectiveness as a netpot in hydroponic systems. The study was conducted at the Greenhouse Laboratory of the University of Muhammadiyah Mataram, Mataram City using a Randomized Block Design (RBD) consisting of three pumice size treatments and three replications. The parameters observed included plant height, number of leaves, root length, and fresh weight of plants, which were analyzed using ANOVA and BNJ test. The results showed that treatment P1 (pumice measuring 2–4 mm) gave the best results in most parameters, especially the number of leaves, leaf length, and leaf width, which were significantly higher than the control without pumice. This indicates that the smaller pumice particle size is able to provide an ideal balance between aeration and water holding capacity, thus supporting nutrient absorption and plant photosynthetic activity. Further research is recommended to compare the effectiveness of 2–5 mm pumice with coconut fiber or other materials with similar sizes.

Keywords: Hydroponics, Netpot Content, Pumice

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dunia yang terus meningkat menyebabkan peningkatan signifikan terhadap kebutuhan pangan global. Menurut Food and Agriculture Organization (FAO, 2022), populasi dunia diperkirakan mencapai lebih dari 9,7 miliar jiwa pada tahun 2050, sehingga produksi pangan harus meningkat sekitar 60% untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Namun, laju ekspansi lahan pertanian global semakin terbatas akibat urbanisasi, degradasi tanah, dan perubahan iklim yang menurunkan produktivitas lahan. Kondisi ini menuntut inovasi sistem budidaya yang mampu menghasilkan pangan secara efisien dengan sumber daya yang terbatas, salah satunya melalui teknologi pertanian tanpa tanah seperti hidroponik (Resh, 2022).

Di tingkat nasional, pemerintah Indonesia berupaya mencapai kemandirian dan ketahanan pangan melalui strategi optimalisasi lahan dan inovasi teknologi pertanian. Program ketahanan pangan diarahkan tidak hanya pada pencetakan sawah baru, tetapi juga penerapan sistem budidaya hemat air dan ramah lingkungan yang dapat diintegrasikan dalam kawasan perkotaan (Kementerian Pertanian RI, 2023). Strategi ini sejalan dengan agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs) khususnya tujuan ke-2, yaitu *Zero Hunger*, serta mendukung pengembangan sistem pertanian cerdas dan efisien berbasis inovasi teknologi. Dalam konteks ini, teknologi hidroponik menjadi alternatif potensial untuk mendukung produksi pangan berkelanjutan di tengah keterbatasan lahan pertanian produktif (Rahman *et al.*, 2021).

Teknologi hidroponik merupakan bentuk pertanian modern yang banyak dikembangkan dalam sistem *urban farming*, di mana tanaman dibudidayakan menggunakan larutan nutrisi tanpa media tanah. Sistem ini dinilai mampu menghasilkan sayuran segar dan higienis dengan efisiensi penggunaan air hingga 90% dibandingkan pertanian konvensional (Putra & Yuliana, 2020). Selain itu, hidroponik dapat diterapkan di lingkungan perkotaan seperti pekarangan rumah, gedung, dan lahan sempit, sehingga mendukung konsep ketahanan pangan keluarga perkotaan. Inovasi dalam teknologi ini terus berkembang, baik dari segi desain sistem, pengaturan nutrisi, maupun pemilihan media tanam yang berperan penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, pengembangan sistem hidroponik di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala, terutama dalam hal stabilitas pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa jenis dan sifat fisik media tanam, termasuk porositas, daya serap air, dan aerasi, sangat berpengaruh terhadap

pertumbuhan tanaman (Kusuma *et al.*, 2022). Beberapa media yang umum digunakan seperti rockwool, cocopeat, dan perlite memiliki keterbatasan dari sisi ketersediaan, harga, dan dampak lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif media tanam anorganik yang murah, mudah diperoleh, dan memiliki performa fisik yang optimal bagi sistem perakaran tanaman hidroponik.

Salah satu inovasi yang berpotensi adalah penggunaan pumice (batu apung) sebagai isi netpot pada sistem hidroponik. Pumice merupakan batuan vulkanik berpori tinggi yang mampu menahan air dan udara secara seimbang, sehingga mendukung respirasi akar dan penyerapan nutrisi (Susilawati *et al.*, 2020). Ukuran butir pumice diperkirakan berpengaruh terhadap karakteristik aerasi, kelembapan, dan ruang akar tanaman hidroponik. Namun, penelitian yang mengkaji secara spesifik pengaruh ukuran butir pumice terhadap efektivitasnya sebagai isi netpot hidroponik masih sangat terbatas, terutama pada konteks tanaman sayuran daun seperti sawi hijau (*Brassica juncea*).

Selain potensinya untuk meningkatkan efisiensi budidaya, pumice juga memiliki keunggulan ekologis dibandingkan media anorganik lain. Bahan ini bersifat alami, tidak mencemari lingkungan, dapat digunakan berulang, serta memiliki berat jenis ringan dan porositas tinggi yang mendukung sirkulasi udara dalam sistem akar (Hartati & Rahayu, 2021). Keunggulan tersebut menjadikan pumice sebagai media tanam yang ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan media impor seperti rockwool atau perlite. Penggunaan pumice sebagai isi netpot juga membuka peluang pengembangan ekonomi lokal di wilayah yang memiliki sumber daya batu apung melimpah seperti Nusa Tenggara Barat.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas penggunaan pumice sebagai isi netpot hidroponik dengan berbagai ukuran butir terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan media tanam alternatif yang efisien, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kondisi sumber daya lokal Indonesia.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang bertujuan untuk menguji pengaruh ukuran butir pumice terhadap pertumbuhan tanaman hidroponik jenis pakcoy (*Brassica rapa L.*). Penelitian eksperimental digunakan untuk melihat hubungan sebab-akibat antara variabel bebas berupa ukuran butir pumice dan variabel terikat berupa parameter pertumbuhan tanaman. Pendekatan ini

memungkinkan peneliti untuk mengontrol variabel luar serta membandingkan hasil perlakuan secara terukur dan objektif (Sugiyono, 2021).

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Universitas Muhammadiyah Mataram yang berlokasi di Kelurahan Tanjung Karang, Kecamatan Sekarbela, Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama dua bulan, yaitu mulai Agustus hingga September 2025. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan fasilitas hidroponik, kondisi lingkungan yang terkontrol, dan kedekatan dengan sumber pumice alami. Kondisi lingkungan rumah kaca dikendalikan untuk menjaga suhu, intensitas cahaya, dan kelembapan sesuai kebutuhan tanaman hidroponik (Kusuma *et al.*, 2022).

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan ukuran butir pumice, yaitu P1 (2-5 mm), P2 (5-9 cm), dan P3 (10-13 mm), masing-masing dilakukan tiga kali ulangan sehingga diperoleh sembilan satuan percobaan. Setiap satuan percobaan menggunakan sistem hidroponik dengan ukuran pipa PVC berdiameter 4 inci dan jarak antar lubang netpot 20 cm. Bibit pakcoy ditanam dalam netpot yang telah diisi pumice sesuai ukuran perlakuan dan dialiri larutan nutrisi hidroponik standar (Rahman *et al.*, 2021).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi saringan pumice (2 mm, 6 mm dan 10 mm), instalasi hidroponik, pipa PVC 4 inci, pompa air, netpot, timbangan digital, mistar ukur, dan alat pencatat data pertumbuhan tanaman. Bahan yang digunakan terdiri atas benih pakcoy varietas hijau, batu apung (pumice) dengan tiga variasi ukuran butir, larutan nutrisi AB Mix, serta air bersih yang digunakan sebagai pelarut. Semua bahan diuji kebersihannya dan disterilkan sebelum digunakan untuk menghindari kontaminasi mikroorganisme yang dapat memengaruhi hasil percobaan (Susilawati *et al.*, 2020).

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi beberapa parameter pertumbuhan tanaman, yaitu jumlah daun, panjang daun, lebar daun, panjang akar, dan berat basah tanaman. Pengamatan dilakukan setiap minggu hingga tanaman mencapai fase panen, kemudian rata-rata dari setiap parameter dianalisis secara statistik. Teknik pengumpulan data dilakukan secara langsung dengan pengukuran morfometrik dan pencatatan hasil pertumbuhan secara manual menggunakan lembar observasi yang terstandar. Data hasil pengukuran disusun dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi dan analisis perbandingan antar perlakuan (Hartati & Rahayu, 2021).

Analisis data dilakukan menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter pertumbuhan tanaman hidroponik. Jika hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) untuk menentukan perbedaan antar perlakuan secara spesifik. Selain itu, uji *t* digunakan untuk membandingkan rata-rata dua perlakuan tertentu, khususnya untuk menilai efektivitas pumice ukuran optimal terhadap perlakuan kontrol atau ukuran lainnya (Gomez & Gomez, 1984). Analisis statistik dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) menggunakan perangkat lunak statistik SPSS atau Excel.

Pendekatan ini diharapkan menghasilkan pemahaman yang mendalam mengenai pengaruh ukuran butir pumice terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy dalam sistem hidroponik. Hasil penelitian ini juga akan menjadi dasar ilmiah dalam menentukan ukuran pumice yang paling efektif digunakan sebagai isi netpot untuk meningkatkan produktivitas hidroponik secara efisien dan berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran butir batu apung (*pumice*) terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*) pada sistem hidroponik. Hasil pengamatan pada parameter pertumbuhan yang diamati yaitu jumlah daun, panjang daun, lebar daun dan panjang akar tanaman disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman Pakcoy pada Berbagai Perlakuan

Paramater	P1 (2-5 mm)	P2 (6-9 mm)	P3 (10-13 mm)	P0 (kontrol)
Jumlah Daun	12,67	11,33	10,00	9,00
Panjang Daun	14,70	13,90	11,30	10,90
Lebar Daun	7,60	7,20	5,83	5,73
Panjang Akar	36,97	32,73	31,47	32,80

Pembahasan

Pengaruh Ukuran Pumice terhadap Jumlah Daun

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa ukuran pumice berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah daun ($p = 0.0029$). Perlakuan P1 (pumice ukuran 2–5 mm) menghasilkan jumlah daun tertinggi rata-rata 12,67 helai, diikuti oleh P2 11,33 helai, P3 10,00 helai, dan kontrol tanpa pumice 9,00 helai. Hasil uji BNJ memperkuat bahwa P1 berbeda nyata dengan P0 dan P3, sedangkan P2 menunjukkan perbedaan sedang terhadap kontrol.

Kondisi ini menunjukkan bahwa pumice berukuran kecil (2–5 mm) mampu menyediakan keseimbangan aerasi dan kelembapan optimal bagi perakaran tanaman. Struktur pori mikro yang lebih rapat pada ukuran kecil meningkatkan kapasitas menahan air dan unsur hara, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif seperti pembentukan daun (Rahman *et al.*, 2022). Sebaliknya, ukuran yang terlalu besar (10–13 mm) memiliki pori makro dominan, menyebabkan penurunan retensi air dan ketersediaan nutrisi, sehingga pertumbuhan daun berkurang (Putri & Wicaksono, 2021).

Pengaruh Ukuran Pumice terhadap Panjang Daun

Analisis ANOVA memperlihatkan pengaruh nyata ukuran pumice terhadap panjang daun ($p = 0.0425$). Perlakuan terbaik juga terdapat pada P1 dengan panjang daun rata-rata 14,70 cm, sedangkan kontrol (P0) menghasilkan daun terpendek yaitu 10,90 cm. Uji t memperkuat bahwa perbedaan antara P1 dan P0 signifikan ($p = 0.0422$).

Daun yang lebih panjang pada perlakuan P1 menandakan bahwa retensi air dan ketersediaan oksigen di media mendukung aktivitas fotosintesis dan pembelahan sel daun. Media dengan ukuran partikel kecil memungkinkan sistem akar menyerap air dan unsur hara lebih efisien, sehingga pertumbuhan jaringan daun meningkat (Suryani *et al.*, 2020). Ukuran partikel pumice yang terlalu besar atau tanpa pumice menyebabkan distribusi air tidak merata dan nutrisi mudah tercuci, menghambat pertumbuhan daun (Budiarto *et al.*, 2019).

Pengaruh Ukuran Pumice terhadap Lebar Daun

Hasil uji ANOVA dan BNJ menunjukkan bahwa ukuran pumice juga berpengaruh nyata terhadap lebar daun ($p = 0.0264$). Perlakuan P1 memiliki lebar daun rata-rata 7,60 cm berbeda nyata dengan kontrol P0 dengan lebar daun 5,73 cm, sedangkan P2 dan P3 tidak berbeda signifikan.

Lebar daun yang meningkat pada perlakuan P1 mencerminkan peningkatan turgor dan efisiensi fotosintesis, yang berkorelasi dengan ketersediaan air dan hara di zona akar (Arifin *et al.*, 2023). Media pumice halus meningkatkan kelembapan, sedangkan aerasi yang baik mencegah stres akar akibat kekurangan oksigen. Fenomena ini mendukung luas permukaan fotosintesis yang lebih besar, meningkatkan kapasitas tanaman untuk memproduksi asimilat (Pratama *et al.*, 2021).

Pengaruh Ukuran Pumice terhadap Panjang Akar

Berbeda dengan parameter lainnya, panjang akar tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan ($p = 0.4414$). Nilai rata-rata panjang akar berkisar antara 31,47–36,97

cm. Meskipun P1 memiliki nilai tertinggi, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Hal ini dapat disebabkan oleh sifat pumice yang pada dasarnya memiliki aerasi dan drainase tinggi, sehingga perbedaan ukuran partikel tidak banyak memengaruhi pemanjangan akar. Penyerapan oksigen dan air relatif stabil pada seluruh perlakuan karena pumice tidak bersifat memadat seperti tanah (Soeparno *et al.*, 2020). Selain itu, pada sistem hidroponik, akar cenderung tumbuh mengikuti larutan nutrisi dan bukan bergantung pada struktur media, sehingga efek ukuran partikel menjadi lebih kecil (Yunita *et al.*, 2021).

Secara keseluruhan, ukuran pumice 2–5 mm (P1) merupakan media paling optimal untuk pertumbuhan vegetatif tanaman hidroponik, ditandai oleh peningkatan jumlah daun, panjang daun, dan lebar daun yang signifikan dibanding kontrol. Media berpartikel halus mendukung keseimbangan air–udara–hara di zona perakaran, faktor penting dalam produktivitas sistem hidroponik (Kurniawan *et al.*, 2022). Hasil ini mendukung prinsip pemilihan ukuran partikel media tanam sebagai faktor kritis dalam sistem hidroponik berbasis substrat, terutama bagi tanaman daun yang mengandalkan luas fotosintesis optimal untuk pertumbuhan (Nurjanah & Puspitasari, 2023).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis statistik (ANOVA, BNJ, dan Uji t) terhadap empat parameter pertumbuhan tanaman hidroponik, yaitu jumlah daun, panjang daun, lebar daun, dan panjang akar, dapat disimpulkan bahwa ukuran pumice berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman pakcoy. Perlakuan P1 pumice berukuran 2–5 mm, memberikan hasil terbaik pada sebagian besar parameter, terutama jumlah daun (12,67 helai), panjang daun (14,70 cm), dan lebar daun (7,60 cm), yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol tanpa pumice. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel pumice yang lebih kecil mampu menyediakan keseimbangan ideal antara aerasi dan kapasitas menahan air, sehingga mendukung penyerapan nutrisi dan aktivitas fotosintesis tanaman.

Sebaliknya, perlakuan dengan ukuran pumice lebih besar P3 ukuran 10–13 mm dan atau tanpa pumice (P0) menunjukkan pertumbuhan lebih rendah, kemungkinan akibat penurunan retensi air dan nutrisi di zona akar. Parameter panjang akar tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar perlakuan, yang mengindikasikan bahwa sistem akar tanaman hidroponik cenderung beradaptasi terhadap kondisi larutan nutrisi yang homogen, bukan sepenuhnya terhadap variasi ukuran media. Dengan demikian, media pumice berukuran 2–

4 mm direkomendasikan sebagai ukuran optimal untuk sistem hidroponik substrat dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman daun.

Saran

Untuk mendukung hasil penelitian ini, disarankan agar penelitian lanjutan dilakukan dengan menambah jumlah ulangan dan variasi tanaman untuk memperkuat validitas hasil dan mengetahui respons morfologis yang berbeda terhadap ukuran pumice. Bisa pula menguji kombinasi media pumice dengan bahan lain seperti cocopeat atau arang sekam, agar diperoleh formulasi substrat hidroponik yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Rektor dan ,Ketua LPPM Universitas Muhammadiyah Mataram atas hibah internal pada kategori hibah doctor atas bantuan pendanaannya. Begitu pula terima kasih kami sampaikan kepada rekan dosen peneliti dan para mahasiswa yang telah membantu rancang bangun dan uji kinerja hidroponik isi net pot pumice.

DAFTAR PUSTAKA

- FAO. (2022). *The Future of Food and Agriculture: Drivers and Triggers for Transformation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Hartati, E., & Rahayu, S. (2021). Potensi batu apung sebagai media tanam ramah lingkungan untuk sistem pertanian berkelanjutan. *Jurnal Agroteknologi*, 15(1), 73–81.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). *Strategi Ketahanan Pangan Nasional Menuju Swasembada Pangan 2045*. Jakarta: Kementan RI.
- Kusuma, A., Dewi, T., & Nurlaili, H. (2022). Pengaruh jenis media tanam terhadap pertumbuhan tanaman selada hidroponik. *Jurnal Hortikultura Tropika*, 9(1), 45–54.
- Masturi, A., Hasanah, N., & Rini, D. (2021). Karakteristik Porositas dan Kemampuan Simpan Air berbagai Ukuran Pumice Sebagai Media Hidroponik. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 10(2), 115–123.
- Putra, A., & Yuliana, D. (2020). Efisiensi penggunaan air pada sistem hidroponik modern. *Jurnal Agroteknologi dan Lingkungan*, 14(2), 112–119.
- Rahman, M., Suryani, N., & Harahap, D. (2021). Inovasi teknologi hidroponik untuk mendukung urban farming di Indonesia. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia*, 12(2), 101–110.

- Rahmawati, E., Fadillah, M., & Lestari, H. (2022). Pengaruh Ukuran Butir Media Tanam terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada Hidroponik. *Jurnal Pertanian Modern*, 8(1), 55–63.
- Setiawan, B., & Kurnia, A. (2023). Sifat Fisik Pumice dan Aplikasinya pada Sistem Hidroponik Vertikal. *Agrosains*, 14(3), 201–209.
- Sugiarto, P., Handayani, D., & Yusuf, R. (2021). Pemanfaatan Batu Apung sebagai Media Hidroponik Alternatif untuk Tanaman Daun. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 12(4), 310–318.
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Susilawati, E., Lestari, D., & Aini, N. (2020). Karakteristik pumice sebagai media tanam alternatif sistem hidroponik. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 42(3), 257–265.
- Utami, T., Darmawan, H., & Ningsih, F. (2020). Aerasi dan Penyerapan Nutrisi pada Media Berpori Berbeda dalam Sistem NFT. *Jurnal Tanaman Pangan*, 15(2), 89–98.
- Arifin, H., Suryanto, A., & Hidayat, R. (2023). Pengaruh Aerasi Media terhadap Pertumbuhan Daun Tanaman Sayuran Hidroponik. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 11(2), 155–164.
- Budiarto, R., Sumarno, D., & Astuti, L. (2019). Efektivitas Ukuran Partikel Media terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*) Secara Hidroponik. *Jurnal Pertanian Modern*, 7(1), 22–29.
- Kurniawan, A., Rahman, I., & Lestari, D. (2022). Optimasi Media Tanam pada Sistem Hidroponik Substrat Berbasis Pumice dan Zeolit. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(3), 301–312.
- Nurjanah, E., & Puspitasari, N. (2023). Pemilihan Media Tanam untuk Efisiensi Pertumbuhan Tanaman Hidroponik Daun. *Jurnal Sains Hortikultura*, 9(1), 45–54.
- Pratama, G., Santoso, D., & Liana, S. (2021). Hubungan Luas Daun dengan Intensitas Fotosintesis Tanaman Sawi Hidroponik. *Jurnal Biologi Lingkungan*, 8(3), 189–197.
- Putri, S., & Wicaksono, T. (2021). Pengaruh Ukuran Pori Media Terhadap Retensi Air dan Pertumbuhan Tanaman Selada. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 12(4), 210–218.
- Rahman, F., Widodo, B., & Amelia, R. (2022). Karakteristik Fisik Media Pumice dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sayur Hidroponik. *Agroviva Journal of Sustainable Agriculture*, 14(1), 70–79.
- Soeparno, S., Hartati, S., & Yuliani, N. (2020). Peranan Aerasi Media Tanam dalam Mendukung Pertumbuhan Akar Tanaman Hidroponik. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika*, 6(2), 95–104.
- Suryani, D., Nur, A., & Handayani, F. (2020). Efisiensi Penyerapan Air dan Nutrien pada Media Berpori Halus Dalam Sistem Hidroponik. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(2), 143–152.

Yunita, P., Rahmadani, E., & Putra, M. (2021). Respons Panjang Akar Tanaman Kangkung terhadap Berbagai Jenis Media Hidroponik. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 10(2), 112–119.