

“Membangun Sinergi antar Perguruan Tinggi dan Industri Pertanian dalam Rangka Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka”

Penerapan Hidroponik Rakit Apung Memakai Dobel Pompa Venturi di Kalurahan Karangasem, Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta

Bambang Pujiasmanto¹, Eddy Triharyanto¹, Sulandjari¹, Pardono¹, Puji Harsono¹, Hery Widijanto², Desy Setyaningrum³

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

² Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

³ Program Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Abstrak

Perkembangan teknologi dalam bidang pertanian semakin pesat, sehingga masyarakat yang tertinggal dalam memanfaatkan kemajuan teknologi, tidak akan memperoleh keuntungan yang maksimal dari kegiatan usaha yang dilakukan. Salah satu teknologi yang layak disebarluaskan adalah teknologi hidroponik, hal ini dikarenakan semakin langkanya lahan pertanian akibat dari banyaknya sektor industri dan jasa. Teknologi budidaya pertanian dengan sistem hidroponik diharapkan menjadi salah satu alternatif bagi masyarakat yang mempunyai lahan terbatas atau pekarangan. Hidroponik sangat cocok untuk program *urban farming* atau pertanian perkotaan. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk memberikan kegiatan produktif pada masyarakat perkotaan dengan budidaya sayuran menggunakan sistem hidroponik. Kegiatan dilaksanakan di Kelurahan Karangasem, Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta. Metode yang digunakan melalui kegiatan pelatihan dan implementasi budidaya hidroponik rakit apung. Rakit apung yang dilakukan yaitu berupa: 1. tidak menggunakan aerasi, 2. aerasi dengan menggunakan pompa yang diletakkan dibawah bak penanaman, air kelebihan keluar kembali lagi ke bak tandon, 3. pompa diletakkan didalam bak penanaman dikeluarkan berupa pancuran yang merata diujung bak, 4. menggunakan 2 pompa venturi tanpa dibuat pancuran, 5. menggunakan pipa venturi jumlah mengikuti luas penanaman rakit apung. Kegiatan pengabdian bermanfaat bagi masyarakat dalam peningkatan daya saing hasil sayuran khususnya sawi sendok (pak choy).

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris dimana sebagian besar mata pencaharian masyarakatnya adalah petani. Namun pada tahun 2013 hingga 2015 jumlah penduduk yang bekerja sebagai petani mengalami penurunan yakni tahun 2013 ada 39,22 juta penduduk. Tahun 2014 ada 38,97 juta dan pada 2015 tersisa 37,75 juta penduduk, hingga tahun 2012, Pulau Jawa menempati posisi pertama dengan luas lahan pertanian

terbanyak (Dewi 2013). Akan tetapi hal ini dibarengi pula dengan tingginya angka alih fungsi lahan pertanian yakni mencapai 600.000 hektar (Wahyunto dan Dariah, 2014). Alih fungsi lahan merupakan perubahan fungsi tanah atau lahan dari fungsi satu ke fungsi yang lain (Kusumastuti *et al.*, 2018; Lapatandau *et al.*, 2017). Alih fungsi lahan biasanya terjadi di daerah pinggiran kota karena dampak pembangunan di kota tersebut. Salah satu di kelurahan Karangasem, kecamatan Laweyan, Kota Surakarta yang mayoritas perumahan, sehingga luas pekarangan yang dapat dijadikan area tanam hanya sedikit. Bahkan ada yang tidak memiliki lahan pekarangan. Padahal tidak semua masyarakat kelurahan tersebut termasuk ke dalam golongan mampu. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Surakarta jumlah penduduk miskin sebesar 79,94 ribu jiwa (<https://surakartakota.bps.go.id/index.php/publikasi>).

Harga bahan pangan hasil pertanian yang semakin fluktuatif pada saat ini menyebabkan pengeluaran untuk kebutuhan pangan menjadi tidak stabil. Lahan pekarangan di area perumahan pada dasarnya bisa digunakan untuk bercocok tanam dengan menggunakan metode-metode tertentu seperti hidroponik yang merupakan metode bercocok tanam tanpa menggunakan tanah yaitu sebagai media tanam bisa diganti dengan menggunakan sekam bakar, rockwool dan lain lain (Supraja *et al.*, 2020) (Silviana *et al.*, 2020). Budidaya tanaman secara hidroponik dilakukan tanpa tanah, sehingga menggunakan larutan nutrisi sebagai sumber utama pasokan nutrisi tanaman (Vanessa *et al.*, 2019). Tanaman memperoleh unsur hara dari larutan nutrisi yang dipersiapkan khusus (Lei *et al.*, 2018).

Larutan nutrisi dapat diberikan dalam bentuk genangan atau dalam keadaan mengalir. Larutan nutrisi juga dapat dialirkan ke media tanam hidroponik sebagai tempat berkembangnya akar (Kotsiras *et al.*, 2016). Salah satu system hidroponik yaitu rakit apung. Sistem tersebut sangat efektif digunakan untuk budidaya sayuran daun (Wahyuningsih dan Fajriani 2016). Hidroponik rakit apung dapat menghasilkan produk yang lebih bersih, bebas dari media (Lennard dan Leonard, 2006). Hal tersebut disebabkan dalam sistem ini terjadi proses pencucian yang lebih ringan dan efisiensi penggunaan air (Geng *et al.*, 2017). Berdasarkan penelitian (Sarrou *et al.*, 2019; Teves *et al.*, 2020) bahwa hidroponik rakit apung dapat membantu meningkatkan karakteristik kualitas pascapanen bahkan menghilangkan kandungan nitrat pada sayuran berdaun pada kondisi salinitas (Adelia *et al.*, 2013). Saat tanaman selada ditanam dalam larutan nutrisi FHS 37 dan 44 mequiv L-1 pada musim semi dan musim panas, berat segar dan kandungan mineral meningkat secara signifikan (Magwaza *et al.*, 2020). Selanjutnya, tanaman selada yang ditanam di FHS pada 3.8 dan 4.8 mS cm⁻¹ EC menunjukkan kesegaran yang lebih baik, kandungan bahan kering lebih tinggi, perubahan warna total lebih sedikit dan umur simpan yang lebih baik. Pengabdian ini dilakukan untuk

mengenalkan teknik-teknik pemanfaatan lahan pekarangan sempit di area perumahan, khususnya di Kelurahan Karangasem, Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta kepada masyarakat Hal ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas area pekarangan yang ada.

Metodologi

Kegiatan dilaksanakan di Kelurahan Karangasem, Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta. Pendekatan penyelesaian dilakukan melalui kegiatan diskusi untuk mengetahui dan mengidentifikasi permasalahan mitra kegiatan pengabdian. Setelah berhasil diidentifikasi, dirumuskan alternatif pemecahan masalah mitra. Solusi pemecahan mitra tersebut kemudian diaplikasikan di lapangan. Selama pengaplikasian di lapangan, mitra terus dimonitor (dipantau) melalui kegiatan pendampingan budidaya dan usaha. Metode yang digunakan untuk membantu mengatasi persoalan-persoalan yang telah disepakati di atas adalah pelatihan sistem budidaya pertanian, bantuan dukungan alat produksi, dan pendampingan dengan rincian sebagai berikut:

- 1) Pelatihan pengoptimalan lahan pekarangan menggunakan inovasi. budidaya hidroponik rakit apung.
- 2) Pelatihan dan pendampingan instalasi hidroponik rakit apung pada budidaya tanaman sayuran.
- 3) Pemberian sebagian bantuan dukungan alat untuk budidaya hidroponik rakit apung, dan kegiatan pendampingan.

Prosedur pelatihan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Persiapan pelatihan

- 1) Penyusunan kurikulum pelatihan Materi atau kurikulum pelatihan meliputi: teknik budidaya pertanian dengan system hidroponik rakit apung.
- 2) Narasumber dalam pelatihan ini narasumber dari bekerjasama dengan mitra yang berkompeten bidang hidroponik.
- 3) Peserta kegiatan pengabdian kepada masyarakat yaitu masyarakat Kelurahan Karangasem, Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta.
- 4) Merumuskan tata kelola pelatihan usaha termasuk penyusunan agenda pelatihan.
- 5) Penyusunan instrument atau alat ukur tingkat penguasaan peserta yang akan digunakan pada saat sebelum pelatihan (*pretest*) dan pasca pelatihan (*posttest*); dan instrument untuk mengevaluasi proses penyelenggaraan pelatihan.
- 6) Pelaksanaan

b. Evaluasi

Evaluasi pelatihan mencakup dua aspek yaitu evaluasi hasil dan evaluasi proses. Evaluasi hasil dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat penguasaan pengetahuan para peserta terhadap manajemen budidaya hidroponik sebagaimana yang telah dilatihkan. Evaluasi proses dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan umpan balik dari penyelenggaraan pelatihan. Tujuan dilakukan evaluasi proses adalah untuk perbaikan proses penyelenggaraan pelatihan serupa di kemudian hari.

c. Pendampingan

Pendampingan adalah suatu langkah kegiatan pasca pelatihan. Kegiatan ini dilakukan dengan secara periodik Tim Pengabdian melakukan monitoring, advokasi, edukasi, pemberian informasi serta motivasi untuk keberjalanan dan pengoptimalan lahan pekarangan.

Hasil dan Pembahasan

Persiapan Pelatihan

Sebelum pelaksanaan Pengabdian Masyarakat diawali dengan persiapan dengan membuat materi tentang cara memanfaatkan pekarangan dengan kegiatan hidroponik rakit apung dengan dua pipa ventury, dengan tanaman pak choi. Dalam persiapan pengabdian kepada masyarakat menyiapkan materi dan bahan peralatan budidaya hidroponik, menentukan nara sumber, peserta pelatihan dan instrument *pre test* , *pos test* dan evaluasi pelaksanaan. Berikut materi pelatihan tentang hidroponik rakit apung memakai dua pipa ventury, dengan tanaman pak choi (sawi sendok).



Net Pot



Sterofoam



Pompa Ventury



Benih pak coy (sawi sendok)



Rokwall



Terpal



Alat pH meter



Alat EC

Materi Pelatihan

Tanaman Pak choi merupakan tanaman sayuran daun yang termasuk ke dalam famili Brassicaceae dan berasal dari Cina. Pak choi memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Tanaman ini berkembang pesat di daerah subtropis maupun tropis, sayuran ini memiliki banyak kelebihan dibandingkan famili sawi-sawian yang lain diantaranya, waktu panen singkat, daya adaptasi luas (tidak peka terhadap perubahan suhu), dan kualitas produknya tahan lama karena dapat disimpan hingga 10 hari setelah panen pada suhu 0-50⁰C dengan kelembaban 95%. Di Asia pak choi dipanen pada berbagai umur, mulai umur pembibitan (2 minggu setelah pindah tanam), masa vegetatif awal, hingga saat baru muncul bunga. Tanaman ini mengandung 93% air, 3% karbohidrat, 1,7% protein, 0,7% serat, dan 0,8% abu. Dan merupakan sumber dari vitamin dan mineral seperti β -karoten, vitamin C, Ca, P, dan Fe (Utomo *et al.*, 2014). Tabel 1. Kandungan gizi per 100 g pak choi segar Zat gizi %AKG Energi 13 Kal - Lemak 2 Kal - Total Lemak 0 g 0% Lemak jenuh 0 g 0% Lemak trans - Kolesterol 0 g 0% Sodium 65 g 3% Total Karbohidrat 2 g 1% Serat pangan 1 g 4% Gula 1 g - Vitamin A 89% Vitamin C 75% Kalsium 11% Zat besi 4% Sumber: (Nutrition Data, 2018).

Sistem Hidroponik Rakit Apung Pada sistem Floating Raft (Rakit apung), tanaman ditempatkan pada styreofom yang diapungkan pada sebuah kolam. Kolam sedalam 40 cm tersebut berisi nutrisi. Sistem ini biasa ditambahkan airstone ataupun aerator. Aerator berfungsi menghasilkan oksigen untuk pertukaran udara dalam daerah perakaran. Kekurangan oksigen akan mengganggu penyerapan air dan nutrisi oleh akar. Untuk mengatasi ini dilakukan dengan penggunaan pompa ventury sebanyak dua buah, tanpa airstone atau aerator. Rakit apung hanya dapat ditanami oleh tumbuhan yang memiliki bobot rendah. Selain itu, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun serta bobot segar tanaman sangat dipengaruhi oleh jumlah air dan ketinggian air didalam kolam larutan yang diterima tanaman (Wijayani, 2000). Sama halnya untuk metode hidroponik dengan macam-macam sistem lainnya. Sistem rakit apung juga menggunakan media-media sebagai berikut yang menjadi media tanam pada beberapa media tanam yang digunakan pada hidroponik yaitu: 1). Rockwool; 2).Coconut Coir (sabut kelapa); 3).Perlite; 4).Lightweight Expanded Clay Aggregate (LECA); 5) .Pasir sering digunakan sebagai media tanam alternatif untuk menggantikan fungsi tanah.; 6). Wood fibre (serbuk kayu); 7). Gravel (kerikil).;8). Brick shards (pecahan bata) (Roberto, 2004).

Kebutuhan Air dan Nutrisi Tanaman Air merupakan sumber kehidupan bagi makhluk hidup yang ada di bumi, air tidak hanya dibutuhkan oleh manusia tetapi juga dibutuhkan oleh tanaman, dengan kualitas air yang baik maka tanaman akan tumbuh subur dan sehat. Kualitas

air yang sesuai sangat mempengaruhi dengan pertumbuhan tanaman secara hidroponik yang mempunyai tingkat kepekatan sebesar 1.300 ppm atau mempunyai nilai EC 2,6 ms/cm serta tidak mengandung logam-logam berat dalam jumlah besar karena dapat meracuni tanaman serta mengganggu pertumbuhan dan produktifitas tanaman (Utomo *et al.*, 2014). Pada umumnya kualitas larutan nutrisi dapat diketahui dengan mengukur electrical conductivity (EC) larutan. Bila EC tinggi maka larutan nutrisi semakin pekat, sehingga ketersediaan unsur hara semakin bertambah. Begitu juga sebaliknya, jika EC rendah maka konsentrasi larutan nutrisi rendah sehingga ketersediaan unsur hara lebih sedikit. Electrical conductivity (EC) untuk sayuran daun berkisar 1.5-2.6 ms/cm. Pada EC yang terlampau tinggi, tanaman tidak dapat menyerap hara karena telah jenuh. Batasan jenuh untuk sayuran daun adalah EC 2,6 ms/cm. Pertumbuhan tanaman akan terhambat bila EC melebihi batas jenuh dan dapat mengakibatkan keracunan pada tanaman. Setiap jenis dan umur tanaman membutuhkan larutan dengan EC yang berbeda-beda. Kebutuhan EC disesuaikan dengan fase pertumbuhan, yaitu ketika tanaman masih kecil atau pada tahap MST 1 kisaran EC-nya sebesar 1,5 - 1,6 ms/mc atau sama dengan 750-800 ppm. Sedangkan, pada umur tanaman yang semakin besar atau pada tahap MST 4 kisaran EC-nya sebesar 2,5 - 2,6 ms/cm atau sama dengan 1.250 – 1.300 ppm (Lingga, 2005).

Kebutuhan akan unsur hara yang diserap oleh tanaman sesuai pada umur tanaman dan jenis tanaman tersebut. Sedangkan tanaman hortikultura membutuhkan unsur hara berbeda dengan jenis tanaman palawija. Menurut Fransisca (2009), pada dosis terlalu rendah yang diberikan pada tanaman membuat larutan tidak berpengaruh nyata pada tanaman tersebut, sedangkan pada dosis tinggi selain boros juga akan mengakibatkan tanaman mengalami plasmolisis atau kekurangan cairan sel karena tertarik oleh larutan hara yang lebih pekat sehingga dapat menyebabkan tanaman tersebut tidak tumbuh baik bahkan dapat menyebabkan tanaman tersebut mati. Menurut Dermawati (2006), konsentrasi larutan yang diberikan pada tanaman untuk jenis nutrisi AB Mix, Multihara, Growmore serta POC yaitu sebanyak 10 ml/L air, sedangkan untuk multihara yang berbentuk granule diberikan konsentrasi larutan sebanyak 2,5-3,5 g/L air.

Kebutuhan unsur hara pada tanaman sangat berkaitan dengan jenis atau macam unsur hara. Hal ini sejalan dengan adanya perbedaan karakter dari masing-masing tanaman menyangkut kebutuhannya akan unsur hara tertentu serta perbedaan karakter dan fungsi dari unsur hara tersebut. Kebutuhan tanaman akan unsur hara yang berbeda sesuai dengan fase-fase pertumbuhan tanaman tersebut, semisal pada saat awal pertumbuhan tanaman/fase vegetatif akan membutuhkan unsur hara yang berbeda dengan saat tumbuhan mencapai fase generatif.

Kebutuhan unsur hara pada tanaman selain berkaitan dengan macam unsur hara, juga sangat berkaitan dengan jumlah unsur hara yang dibutuhkan. Jumlah unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman berbeda sesuai dengan jenis tanaman dan jenis unsur haranya, semisal pada jenis tanaman sayuran akan membutuhkan unsur hara yang berbeda dengan jenis tanaman palawija. Selain itu jumlah unsur hara yang dibutuhkan tanaman juga dapat dilihat dari umur tanaman, Suwandi (2009) menyatakan bahwa konsumsi hara oleh tanaman berbeda bergantung pada umur fisiologis tanaman tersebut.

Salah satu prinsip dasar produksi sayuran, baik didalam tanah maupun dalam sistem hidroponik, adalah untuk menyediakan semua nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Beberapa unsur kimia penting untuk pertumbuhan dan produksi tanaman, dalam total enam belas elemen: karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, kalium, sulfur, kalsium, magnesium, mangan, besi, seng, boron, tembaga, molibdenum dan klorin. . Unsur-unsur yang disebutkan tersebut, ada pembagian menurut asal usulnya: organik, C, H, O dan mineral; Dipecah menjadi macronutrients, N, P, K, Ca, Mg, S, dan mikronutrien, Mn, Fe, B, Zn, Cu, Mo, Ni, Cl (Wijayanti dan Widodo, 2005). Sebagai contoh seperti yang dinyatakan oleh Suwandi (2009) bahwa berdasarkan analisis dinamika unsur hara NPK dan umur fisiologis tanaman, aplikasi pupuk N untuk sayuran dimulai pada saat tanam hingga maksimum $\frac{2}{3}$ umur tanaman. Pupuk P dan K diaplikasikan sebelum tanam atau sebagian ditambahkan sebelum fase vegetatif maksimum. Pada dosis yang terlalu rendah pengaruh larutan hara tidak nyata, sedangkan pada dosis yang terlalu tinggi selain boros juga akan mengakibatkan tanaman mengalami plasmolisis, yaitu keluarnya cairan sel karena tertarik oleh larutan hara yang lebih pekat. Pada tanaman hidroponik, penyerapan biasanya sebanding dengan konsentrasi nutrisi dalam larutan dekat akar, yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti salinitas, oksigenasi, suhu, pH dan konduktivitas larutan nutrisi, intensitas cahaya, lama penyinaran dan kelembaban udara. Masing-masing dari unsur hara makro dan mikro memiliki minimal satu fungsi dalam tanaman dan kelebihan atau kekurangan mengarah ke gejala defisiensi karakteristik atau toksisitas.

Pelaksanaan Pelatihan

Pelatihan pertama terkait bagaimana pemanfaatan pekarangan dengan baik antara lain dengan budidaya hidroponik. Budidaya hidroponik yang akan diterapkan budidaya rakit apung dengan modifikasi yang mudah diterapkan yaitu sistem rakit apung memakai pompa ventury sebagai tenaga pendorong larutan hara dan terciptanya aerasi yang baik.

Pelatihan ke dua dengan antusias peserta mempraktekkan pembuatan sistem hidroponik rakit apung dengan penggunaan pompa ventury dua buah. Pemakaian pipa ventry sebagai pendorong aurs air larutan agar terjadi sirkulasi udara dengan baik. Pembuatan system hidroponik rakit apung dengan modifikasi aereasi ini mudah dikerjakan dan dapat diparktekan di pekarangan warga masyarakat Karangasem, Laweyan, Surakarta. Bak dibuat dengan kerangka yang diberi perpal pada dasar bak. Penggunaan sterofom untuk tempat net pot. Media sistem hidroponik ini menggunakan rock wall yang telah diketahui untuk menjadi media yang baik untuk sitem hidroponik. Untuk pengembangan selanjutnya dapat disebarluaskan ke daserah sekitar Karangasem maupun ke luar daerah. Larutan nutrisi dimonitor selalu keasamaan larutan agar netral tidak terlalu asam maupun basa dengan menggunakan pH meter. Untuk konduktivitas listrik larutan nutrisi agar memenuhi ketentuan untuk metabolisme tanaman pak choy dilakukan pengecekan dengan alat EC.

Kegiatan selanjutnya kegiatan pendampingan dengan pemberian benih pak choi untuk ditanam di bak penanaman hidroponik sistem terapung dengan modifikasi aerasi. Pendampingan perlu dilakukan sampai warga dapat mandiri dalam melakukan budidaya hidroponik sistem terapung memakai dua pompa ventury.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Kegiatan pelatihan tentang fungsi pekarangan dengan budidaya hidroponik sisitem terapung sangat disukai perwakilan warga masyarakat Karangasem, Laweyan, Surakarta.
2. Pembuatan peralatan budidaya hidroponik sistem rakit apung dengan modifikasi penggunaan pompa ventury dua buah dapat dikerjakan oleh perwakilan warga masyarakat Karangasem, Laweyan, Surakarta.
3. Pendampingan budidaya hidroponik sitem rakit apung dengan modifikasi dua buah pompa ventury dilaksanakan terhadap beberapa perwakilan warga masyarakat Karangasem, Laweyan , Surakarta.

Saran

Perlu dilakukan sosialisasi terus menerus agar kegiatan pemanfaatan pekarangan dengan budidaya sistem terapung yang dimodifikasi dengan dua pompa ventury dapat diterapkan dan dikembangkan terus kepada masyarakat.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Universitas Sebelas Maret telah memberikan dukungan dalam kegiatan pengabdian ini dari Program Non APBN melalui skim HRG tahun anggaran 2021 dengan kontrak No. 261/UN27.22/HK.07.00/2021.

Daftar Pustaka

- Adelia, P. F., Koesriharti & Sunaryo. (2013). Pengaruh Penambahan Unsur Hara Mikro (Fe dan Cu) Dalam Media Paitan Cair Dan Kotoran Sapi Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L .) Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. *J. Produksi Tanam.* 1, 48–58.
- Dermawati. (2006). Substitusi Hara Mineral Organik Terhadap Ion organik untuk Produksi Tanaman Pakchoy (*Brassica rapa*) Secara Hidroponik. Tesis. IPB-Press. Bogor.
- Dewi, N. K. (2013). Identifikasi Alih Fungsi Lahan Pertanian dan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Daerah Pinggiran di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. *J. Wil. Dan Lingkungan.* 1, 175–188.
- Domingues, D.S., Takahashi H.W., Camara C.A.P, & Nixdorf S.L. (2012). Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. *Comput.Electron.Agric.* <https://www.sciencedirect.com> [20 Januari 2017].
- Fransisca, S. (2009). Respon Pertumbuhan dan Produksi Sawi Terhadap Penggunaan Pupuk Kascing dan Pupuk Organik Cair. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Geng, Y. et al. (2017). Effect of plant diversity on phosphorus removal in hydroponic microcosms simulating floating constructed wetlands. *Ecol. Eng.* 107, 110–119.
- Giatman, M. (2006). Ekonomi Teknik. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Halim, A. (2009). Analisis Kelayakan Investasi Bisnis. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Hermantoro. (2003). Efektivitas Sistem Fertigasi Kendi Kasus pada Tanaman Lada Perdu. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Indriasti, R. (2013). Analisis Usaha Sayuran Hidroponik pada PT Kebun sayur segar Kabupaten Bogor. Departemen Agribisnis. Bogor. <https://repository.ipb.ac.id> [25 juni 2018]

- Iqbal, M. (2006). Penggunaan Pupuk Majemuk Sebagai Sumber Hara Pada Budidaya Bayam Secara Hidroponik Dengan Tiga Cara Fertigasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id> [25 juni 2018]
- Jurgonski L. J., Smart D. J., Bugbee B, & Nielsen S.S. (1997). Controlled environments alter nutrient content of soybean. *Adv Space Res* 20, 12-13
- Kadariah. (2001). Evaluasi Proyek Analisis Ekonomis. Fakultas Ekonomi UI. Jakarta.
- Kotsiras, A., Vlachodimitropoulou, A., Gerakaris, A., Bakas, N. & Darras, A. I. (2016). Scientia Horticulturae Innovative harvest practices of Butterhead , Lollo rosso and Batavia green lettuce (*Lactuca sativa* L .) types grown in floating hydroponic system to maintain the quality and improve storability. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 201, 1–9.
- Kusumastuti, A. C. et al. (2018). Factors Affecting the Conversion of Agricultural Land in Pandeglang Regency. *Sodality J. Sociol. Pedesaan* 6.
- Lapatandau, Y. A., Rumagit, G. A. J. & Pakasi, C. B. (2017). Alih Fungsi Lahan di Kabupaten Minahasa Utara. *Agri-Sosioekonomi* 13, 1–8.
- Lei, B. et al. (2018). The positive function of selenium supplementation on reducing nitrate accumulation in hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J. Integr. Agric.* 17, 837–846.
- Lennard, W. A. & Leonard, Æ. B. V. (2006). A comparison of three different hydroponic subsystems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquac. Int.* 14, 539–550.
- Lingga, P. (2005). Hidroponik Bercocok Tanam Tanpa Tanah. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Magwaza, S. T., Magwaza, L. S., Odindo, A. O. & Mditshwa, A. (2020). Hydroponic technology as decentralised system for domestic wastewater treatment and vegetable production in urban agriculture : A review. *Sci. Total Environ.* 698, 134154.
- Marsudi, E. (2010). Studi Perbandingan Keuntungan Usahatani Padi Metode SRI di Kabupaten Aceh Besar. *Agrisep.* 11, 48-52.
- Nielsen, N.E. (1984). Crop production in recirculating nutrient solution according to the principle of regeneration. *Scientia Horticulturae.* 195, 206–215.
- Nutrition Data. (2018). Cabbage Chinese (pak-choi). <http://www.nutritiondata.com>. [09 April 2018].
- Prihmantoro, H. (2005). Memupuk Tanaman Sayur. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Purba, R. (1997). Analisis Biaya dan Manfaat (Cost and Benefit Analysis). Rineka Cipta. Jakarta.

- Qalyubi, I., M. Pudjojono, & S. Widodo. (2014). Pengaruh debit air dan pemberian jenis nutrisi terhadap pertumbuhan tanaman kangkung pada sistem irigasi hidroponik nft (nutrient film technique). *Berkala Ilmiah Teknologi Pertanian*. 1, 1-5.
- Resh, H. M. (2004). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook Of Soilless Food-Growing Methods* 6th ed. Newconcept Press. New Jersey.
- Roberto, K. (2004). *How To Hydroponic*. Fourth Edition. Futiregarden Press. New York.
- Rukmana, R. (1994). *Bayam: Bertanam dan pengolahan pasca panen*. Kanisius. Yogyakarta.
- Salisbury, F.B, & C.W. Ross. (2006). *Fisiologi Tumbuhan Dasar Jilid I*. ITB-Press. Bandung.
- Sapei, A. (2003). *Uniformity dan Efisiensi Irigasi Sprinkler dan Drip*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Ilmu Teknik untuk Pertanian Tropika. IPB-Press. Bogor.
- Sarrou, E. et al. (2019). Improvement of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) nutritional value through iodine biofortification in a hydroponic floating system. *Food Chem*. 296, 150–159.
- Silviana, D., Pratiwi, A. L., Sari, N., Laila, N. F. & Bachtar, M. R. (2020). Training on Hydroponic Cultivation of Pakcoy Vegetable Wick System with Utilization of Plastic Cup Waste in Petunjungan Village. *Indones. J. Devot. an Empower*. 2(2), 19–22.
- Supraja, K. V., Behera, B. & Balasubramanian, P. (2020). Performance evaluation of hydroponic system for co-cultivation of microalgae and tomato plant. *J. Clean. Prod*. 272, 122823.
- Susila, A. D. (2009). *Fertigasi pada Budidaya Tanaman Sayuran dalam Greenhouse*. IPB-Press. Bogor.
- Suwandi. (2009). Menakar Kebutuhan Hara Tanaman Dalam Pengembangan Inovasi Budidaya Sayuran berkelanjutan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 10, 23-25.
- Teves, C. De et al. (2020). Organic, conventional and hydroponic vegetables: Can 15 N natural abundance of farm N inputs differentiate mode of production? *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 265, 109219.
- Tim Karya Tani Mandiri. (2010). *Pedoman Budidaya secara Hidroponik*. Nuansa Aulia. Bandung.
- Utomo, W. Y., Eva, S. B., & Isman, N. (2014). Keragaan Beberapa Varietas Pak Choi (*Brassica rapa* L. ssp. *chinensis* (L.)) pada Dua Jenis Larutan Hara dengan Metode Hidroponik Terapung. *Agroekoteknologi*. 2, 4-7.
- Vanessa, S., Marcio, R., Gimenes, T. & Binotto, E. (2019). Land Use Policy Economic viability for deploying hydroponic system in emerging countries: A differentiated risk adjustment proposal. *Land use policy* 83, 357–369.

- Wahyuningsih, A. & Fajriani, S. (2016). Komposisi Nutrisi Dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Sistem Hidroponik. *J. Produksi Tanam*. 4, 595–601.
- Wahyunto & Dariah, A. (2014). Degradasi Lahan di Indonesia: Kondisi Existing , Karakteristik, dan Penyeragaman Definisi Mendukung Gerakan Menuju Satu Peta. *J. Sumberd. Lahan* 8, 81–93.
- Waldiyono. (2008). Ekonomi Teknik (Konsepsi, Teori dan Aplikasi). Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Wibowo, S, & A. Asriyanti. (2013). Aplikasi Hidroponik NFT pada Budidaya Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*). *Jurnal Penelitian. Politeknik Banjarnegara*. 1, 2-4.