

EDUKASI DAN PENGEMBANGAN HIDROPONIK MEMANFAATKAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA BERBASIS EKONOMI SIRKULER UNTUK MENDUKUNG KEMANDIRIAN PANGAN

**Tri Harsono, Suci Rahmawati, Ahmad Shafwan S. Pulungan,
Widya Arwita, Rizal Mukra, Chairunas Adha Putra**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan
sucirahmawati@unimed.ac.id

Abstract

The increasing benefits generated from the use of hydroponics are directly proportional to the high production costs incurred, in 104 netpots only produced 30 kg of pak choi with an estimated selling value of Rp. 15,000 / kilo. The high cost of electricity consumption per month is also another major factor. So that PKM activities are carried out with the aim of increasing the efficiency of hydroponic production by using appropriate technology. This activity is carried out by providing education, assistance, and regular monitoring. Based on the monitoring results, it shows that the DFT hydroponic system using appropriate technology, namely solar panels and organic liquid fertilizer (POC) is able to increase yields by 40% by reducing nutrient costs by 70% and eliminating dependence on PLN electricity by 70% and utilizing livestock manure around the location as a substitute for AB Mix nutrients. Education and assistance with direct practice can significantly increase participant understanding from 23.3% to 81%. The use of POC shows better pak choi quality in terms of color and texture. This activity has also proven to be effective in increasing income by up to 40% and strengthening local food security to at least meet household needs. So this activity can be used as a reference for increasing economic and environmental sustainability in other areas.

Keywords: hydroponics, POC, solar panels, circular economy, food independence.

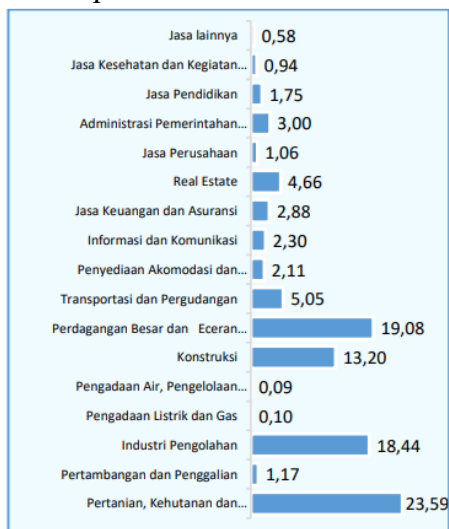
Abstrak

Semakin banyaknya manfaat yang dihasilkan dari penggunaan hidroponik berbanding lurus dengan tingginya biaya produksi yang dikeluarkan, pada 104 netpot hanya menghasilkan 30 kg pakcoy dengan estimasi nilai jual Rp. 15.000/kilo. tingginya biaya konsumsi listrik perbulan juga menjadi faktor utama lainnya. Sehingga dilakukan kegiatan PKM dengan tujuan meningkatkan efisiensi produksi hidroponik dengan menggunakan teknologi tepat guna. Kegiatan ini dilakukan dengan cara melakukan edukasi, pendampingan, serta monitoring secara berkala. berdasarkan hasil monitoring menunjukkan bahwa sistem hidroponik DFT dengan menggunakan teknologi tepat guna yaitu panel surya dan pupuk cair organik (POC) mampu meningkatkan hasil panen sebesar 40% dengan menurunkan biaya nutrisi sebesar 70% serta menghilangkan ketergantungan terhadap listrik PLN hingga 70% dan memanfaatkan kotoran ternak yang berada disekitar lokasi sebagai bahan nutrisi pengganti AB Mix. Edukasi dan pendampingan dengan praktek secara langsung mampu meningkatkan pemahaman peserta secara signifikan dari 23,3% menjadi 81%. Penggunaan POC menunjukkan kualitas pakcoy yang lebih baik dari warna dan tekstur. Kegiatan ini juga terbukti efektif mampu meningkatkan pendapatan hingga 40% serta memperkuat ketahanan pangan lokal minimal memenuhi kebutuhan rumah tangga. Sehingga kegiatan ini dapat dijadikan sebagai referensi peningkatan keberlanjutan ekonomi dan lingkungan di daerah lain.

Keywords: hidroponik, POC, panel surya, ekonomi sirkuler, kemandirian pangan.

PENDAHULUAN

Sektor penting dalam menciptakan kemandirian pangan salah satunya adalah pertanian. Komoditas pertanian dapat menjadi alternatif sumber pendapatan bagi masyarakat. Struktur perekonomian Sumatera Utara didominasi oleh lapangan usaha Pertanian, Kehutanan dan Perikanan sebesar 23,59 persen. Rata-rata konsumsi kalori per kapita masyarakat Sumatera Utara tahun 2023 terhadap sayuran menempati posisi kedua tertinggi setelah buah-buahan dibandingkan tanaman hortikultura lainnya sebesar 45 kilo kalori perhari (BPS. 2024). Kebutuhan konsumsi kalori sayur-sayuran ini akan mengalami perkembangan yang pesat seiring dengan peningkatan pola pikir masyarakat yang sudah beralih ke life style hidup sehat.



Gambar 1. Sumber Pertumbuhan Ekonomi Sumatera Utara (ADHK) (BPS. 2024)

Namun, beragam tantangan mulai semakin kompleks seperti perubahan iklim, degradasi lingkungan, terbatasnya lahan subur serta beralih fungsi pada sektor bukan pertanian menyebabkan terbatasnya penyediaan lahan (Faisal. 2024). Pertumbuhan

populasi yang menyebabkan ketersediaan lahan pertanian yang sudah beralih fungsi. Untuk menghadapi tantangan tersebut, diperlukan pendekatan inovatif yang mampu meningkatkan produksi pangan secara efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Salah satu solusi yang relevan adalah pengembangan teknologi pertanian. Beragam inovasi media tanam juga berkembang mulai dari hidroponik, aeroponik dan aquaponik. Salah satu alternatif media tanam yang tepat untuk semua jenis tanaman sayuran adalah hidroponik.

Sistem hidroponik memungkinkan budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah, dengan memanfaatkan larutan nutrisi yang disuplai langsung ke akar tanaman serta mampu menghemat air hingga 90% dibandingkan dengan metode konvensional (Harsono.2024). Salah satu ciri khas dari hidroponik mampu menghasilkan sayuran lebih segar, lebih bersih sehingga kegiatan pensortiran saat panen lebih efisien dibandingkan sayuran dengan menggunakan media tanam tanah (Aini.2018), serta dapat meminimalisir serangan penyakit dan hama relatif kecil, sehingga tanaman sayuran hasil hidroponik ini disebut dengan sayuran organik yang mampu meningkatkan komoditi pasar seiring dengan perkembangan kesadaran masyarakat terhadap pola hidup sehat. Hidroponik ini juga dapat dijadikan sebagai alternatif tanaman diarea terbatas, memperindah lahan sempit, mampu meminimalisir emisi karbon serta mampu mengoptimalkan ketahanan pangan lokal.

Salah satu pelopor sayuran hidroponik di Kabupaten Deli Serdang adalah usaha rumahan Pak Muhammad Nur Alfiansyah. Pada saat FGD dengan mitra beragam permasalahan yang

dihadapi mitra mulai dari (a). Kewalahan dalam menyediakan sayur hidroponik saat permintaan meningkat (b). Semakin banyaknya manfaat yang dihasilkan dari penggunaan hidroponik berbanding lurus dengan tingginya biaya produksi yang dikeluarkan hal ini juga menyebabkan harga sayuran hidroponik lebih mahal, yaitu 104 netpot hanya menghasilkan 30 kg pakcoy dengan estimasi nilai jual Rp. 15.000/kilo(c).Ketergantungan pada listrik sebagai sistem kontrol meningkatkan biaya produksi sebesar Rp 76.000/bulan.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan dalam kegiatan program kemitraan masyarakat ini adalah dengan mengintegrasikan penggunaan teknologi tepat guna seperti penggunaan energi terbaru panel surya yang memastikan kontinuitas suplai nutrisi, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Sanubary, dkk.2021). Teknologi tepat guna yang dapat digunakan lainnya adalah usaha perlindungan fisik sayuran hidroponik dengan menggunakan naungan kemudian diatas naungan terdapat panel surya, yang digunakan sebagai sumber energi utama untuk menggerakkan pompa air dan sistem kendali (Surahman.2024). Adapun naungan yang digunakan dari bahan kasa (*screen net* ukuran 40-78 mesh) berwarna putih, ukuran disesuaikan dengan desain rangkaian hidroponik yang dirancang. Penggunaan naungan menurunkan intensitas cahaya matahari sebesar 32% sehingga tanaman lebih tinggi dan meningkatkan hasil panen 26,3 % serta memiliki warna hijau yang lebih cerah (Firmansyah. 2009). Pemanfaatan pupuk organik cair yang berasal dari kotoran sapi yang bersumber dari usaha rumahan hidroponik ini dijadikan bahan utama dalam pemberian nutrisi. Pemanfaatan

fermentasi tersebut mampu meningkatkan bobot segar pakcoy (Pangaribuan. 2022).

Mitra perlu diberikan pelatihan dan pendampingan mulai dari memanfaatkan sumber daya secara optimal, dan mengintegrasikan prinsip ekonomi sirkular untuk meningkatkan hasil produksi, pengemasan sayuran yang terstandarisasi, melakukan edukasi kepada konsumen mengenai keunggulan sayuran hidroponik, seperti bebas pestisida dan lebih higienis, dapat meningkatkan minat pembelian, serta penggunaan digitalisasi pemasaran sebagai alternatif pemasaran sehingga usaha rumahan dapat dikenal oleh masyarakat secara umum selain menghasilkan beragam sayuran hidroponik juga menyediakan perlengkapan hidroponik sekaligus sebagai central edukasi masyarakat lainnya sehingga tercipta komunitas hidroponik. Dengan program ini, diharapkan usaha hidroponik rumahan mitra dapat berkembang menjadi usaha yang mandiri, berkelanjutan, dan berdaya saing tinggi di pasar lokal maupun nasional.

Melalui beragam program yang akan dijalankan tim PKM Unimed dengan mengintegrasikan penggunaan teknologi tepat guna berbasis pendekatan ekonomi sirkular mampu meningkatkan efisiensi energi dengan memastikan kontinuitas suplai nutrisi, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal, dan mampu menjawab tantangan global menurunkan emisi karbon, dan memperkuat ketahanan pangan di masa depan. Integrasi teknologi panel surya dan fermentasi kotoran hewan sebagai nutrisi hidroponik sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan dapat diterapkan dengan mudah dalam kegiatan pertanian modern.

Metode yang digunakan dalam kegiatan pkm ini adalah persiapan, pelaksanaan terdiri dari sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi. Pada tahap persiapan tim melakukan analisis kebutuhan dengan membandingkan jumlah instalasi hidroponik dengan produksi pakcoy yang dihasilkan setiap panen, dari hasil yang diperoleh dianalisis lebih lanjut bahwa pentingnya penggunaan teknologi tepat guna untuk memaksimalkan produksi dengan meminimalisir biaya lainnya. Tahap pelaksanaan terdiri dari sosialisasi, dimana mitra akan diedukasi mengenai pentingnya penerapan hidroponik dalam mewujudkan kemandirian pangan masyarakat. Materi yang diberikan berupa modul dan video tutorial penerapan hidroponik menggunakan sistem DFT (*Deep Flow Technique*), dan *wick system*. Selanjutnya pelatihan dan penerapan teknologi, berupa praktik langsung dalam budidaya hidroponik dengan sisten DFT dan wick system, pembuatan pupuk organik cair dari fermentasi kotoran ternak, serta memasang panel surya sebagai sumber daya untuk mengoperasikan pompa air pada instalasi hidroponik. Kegiatan selanjutnya adalah pendampingan dan evaluasi berupa kunjungan lapangan memantau perkembangan pakcoy dengan hidroponik berbasis panel surya, Dalam kegiatan ini peserta diedukasi mengenai pemasangan, pemeliharaan dan troubleshooting

Evaluasi dan keberlanjutan program mengukur dampak lingkungan dan ekonomi meliputi menganalisis peningkatan pendapatan mitra dari hasil budidaya hidroponik, mengukur penurunan penggunaan nutrisi dari nutrisi sebelumnya dengan nutrisi terbaru yang digagas Tim PKM, menghitung efektifitas penggunaan air dan energi listrik dari penerapan

hidroponik berbasis panel surya untuk menekan biaya produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisis Kebutuhan Mitra

Berdasarkan hasil observasi pada tahap persiapan, terdapat ketidakseimbangan antara jumlah instalasi dan hasil panen, yang disebabkan oleh kurangnya pemanfaatan teknologi serta masih tingginya biaya operasional seperti listrik dan nutrisi. Diameter netpot yang digunakan 4cm dengan kedalaman air kurang lebih 5 cm jadi volume air 0.0628 L, karena terdapat 104 net pot diinstalasi hidroponik sehingga total volume air 6,54 L diawal, namun selama sebulan kita mempertimbangkan penguapan yang dilakukan oleh penguapan air saat cuaca panas, penyerapan oleh pakcoy, dengan kisaran 10% sehingga penggunaan air per hari $6,54 \text{ L} \times 10\% = 0,654 \text{ L/hari}$. Jika ditotalkan selama 30 hari kebutuhan air 19,62 L. Kebutuhan air ini juga sama jika menggunakan panel surya.

Tabel 1. Perbandingan Produksi Sebelum dan Setelah Intervensi Teknologi

No	Aspek	Pengamatan		Persen (%)
		Sebelum	Sesudah	
1.	Jumlah panen per siklus	30 kg	42 kg	+40%
2.	Biaya nutrisi persiklus	Rp. 381.000	Rp. 115.000	-70%
3.	Konsumsi listrik per bulan	Rp. 76.000	-	-100%
4	Konsumsi air per siklus	19,62 liter	19,62 liter	sama

Pada Tabel 1. Menunjukkan bahwa penerapan sistem hidroponik berbasis teknologi tepat guna panel

surya dan POC dapat meminimalisir biaya produksi dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Temuan ini sejalan dengan studi oleh Putra et al. (2022) yang menyatakan bahwa integrasi energi terbarukan dalam sistem pertanian urban mampu meningkatkan keberlanjutan ekonomi dan lingkungan.

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan berpotensi untuk direplikasi di wilayah lain dengan kondisi serupa.

2. Peningkatan Pemahaman Mitra

Kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan modul cetak, video tutorial dan diskusi interaktif. Terlihat antusiasme peserta dalam melakukan sesi tanya jawab mengenai dasar sistem hidroponik, pentingnya kemandirian pangan serta prinsip energi terbaru. Adapun peningkatan pemahaman dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tingkat Pemahaman Peserta

No	Aspek	Pengamatan	
		Sebelum	Sesudah
1.	Pemahaman sistem hidroponik DFT	25%	80 %
2.	Pengetahuan manfaat panel surya	30%	85%
3.	Pemahaman pembuatan POC	15%	78 %
Total		23,3%	81%

Pada Tabel 2. terjadi peningkatan signifikan dalam pemahaman peserta dari 23% menjadi 81%. Hal ini menunjukkan bahwa media edukasi visual dan praktik langsung efektif dalam meningkatkan kapasitas mitra. Hasil ini juga diperkuat oleh pendapat Nugroho (2020), bahwa pendekatan pembelajaran berbasis praktik memberikan dampak lebih besar

dibandingkan pendekatan teoritis semata.

Peserta diberikan praktik dalam instalasi hidroponik DFT dan wick system (Moesa. 2019), mulai dari persiapan media semai, pemilihan bibit yaitu benih F1 bersertifikat, merendam biji selama 10 menit untuk mempercepat proses imbibisi dalam menstimulasi benih berkecambah serta menyeleksi benih jelek (benih yang mengambang setelah direndam cenderung kosong dan tidak sehat). Namun untuk bibit yang sudah bersertifikat pada umumnya sudah diberi seed coating (lapisan tipis berbahan khusus menimbulkan warna pada benih) dengan tujuan untuk melindungi dari jamur atau penyakit saat perkecambahan awal, sehingga tidak perlu direndam terlalu lama dikhawatirkan lapisan pelindung bisa rusak. Penyemaian bibit dengan memasukkan 1-3 biji benih pakcoy ke setiap lubang rockwool yang sudah dilubangi sebelumnya (sekitar 0,5 cm), memindahkan bibit yang sudah berumur 10-14 hari ke instalasi hidroponik dengan kriteria daun sejati sudah tumbuh 2-3 helai, akar sudah muncul menembus rockwool, batang cukup kokoh menopang tanaman di netpot (Jamaludin. 2018).

3. Dampak Kegiatan terhadap Ekonomi dan Lingkungan

Fermentasi pupuk organik cair dari kotoran kambing dengan cara melarutkan molase dengan EM4 pada 1 liter air, memasukkan 5 kg kotoran sapi atau kambing ke dalam ember berisi air 10 liter, kemudian ember ditutup menggunakan *airlock* untuk menghindari tumpukan gas metana selama 10-14 hari, lakukan pengadukan 2-3 hari untuk mempercepat proses (Megasari.2020).

Pupuk organik cair yang telah berhasil terfermentasi, tidak berbau busuk beraroma manis khas fermentasi, warna coklat kehitaman dan tidak ada gas berlebih saat dibuka (Ilhamdi,dkk. 2020). POC ini dijadikan sebagai pengganti AB mix yang biasa digunakan. Pengukuran kadar EC (garam/nutrisi) terlarut dan pH rutin dilakukan karena POC yang dihasilkan tidak seperti AB mix, sejalan dengan penelitian Siregar (2018) kandungan AB mix memiliki unsur makro dan mikro yang seimbang. kami juga memastikan tidak terdapat padatan masuk ke sistem hidroponik yang dapat menyumbat pompa/pipa dengan menggunakan saringan halus sebelum diaplikasikan.

Uji EC dengan cara melarutkan 10 ml POC kedalam 1 liter air (sesuai dosisi pemakaian), menggunakan EC meter kedalam larutan kemudian sesuaikan dengan indikator yaitu Bibit awal (1-2 minggu) 0,8-1,2 mS/cm, masa pertumbuhan 1,5-2,0 mS/cm, Menjelang panen: 2.0 – 2.5 mS/cm (Subandi.2015). Saat dilapangan kami juga menemukan ketidak sesuaian dengan hasil uji EC yang diharapkan. Adapun solusi yang dapat dilakukan jika pH terlalu rendah, ditambahkan kapur dolomit, abu sekam, atau larutan KOH secara hati-hati, hal ini sejalan dengan penelitian (Siregar.2020) pH rendah menyebabkan pembusukan pada akar, munculnya lumut sehingga pertumbuhan terhambat. pH terlalu tinggi menambahkan air jeruk lemon, larutan cuka, atau asam fosfat (wibowo. 2009). EC terlalu tinggi menambahkan air, EC terlalu rendah menambahkan sedikit POC. Hal ini sejalan dnegan Kementan RI No. 261/KTPS/SR.310/M/2019 mengenai standart minimal pupuk organik, pupuk hayati minimum sebesar C-organik

minimum 10%, pH (4-9) dan hara makro ($N+P_2O_5 + K_2O$) sebesar 2-6%.

Ketika POC sudah sesuai dengan nutrisi hidroponik dan bibit sudah mulai tumbuh sekitar umur 14 hari, selanjutnya dipindahkan kedalam instalasi hidroponik berbasis panel surya. Berdasarkan hasil observasi mengenai keluhan mitra bahwa biaya listrik merupakan faktor utama penurunan produktivitas, sehingga dirancang instalasi hidroponik tenaga surya dengan bentuk fleksibel menggunakan sistem perairan DFT, meskipun saat malam pompa mati, pakcoy tidak akan cepat layu karena masih ada nutrisi yang tergenang dalam pipa. Namun jika ingin menyala terus tim PKM juga sudah membuat adaptor 12 volt sebagai sumber energi alternatif. Menggunakan solar cell 200 WP.

Dengan menggunakan bibit *fast growing*, mengoptimalkan intensitas cahaya, nutrisi yang lebih terkontrol yaitu memastikan EC dan pH yang sesuai dengan kriteria daun membentuk roset, tidak ada gejala defisiensi nutrisi seperti bercak atau tidak terlalu tua (daun bawah belum menguning), peserta juga diberikan edukasi jika memanen lewat dari waktu yang ditentukan daun akan lebih keras dan berserat, rasa lebih pahit. Teknik memanen yang benar antara lain dengan mencabut seluruh tanaman dari net pot, atau memotong pangkal batang jika dijual tanpa akar, membersihkan sisa rockwool kemudian menyimpan disuhu rendah atau dikemas untuk dijual. Pada Tabel 3. Terlihat peningkatan jumlah pendapatan pada saat melakukan pelatihan, hal ini sejalan dengan penelitian (Anika & Putra. 2020; Dinata. 2023)

Tabel 3. Dampak Program terhadap Aspek Ekonomi dan Lingkungan

No	Aspek	Pengamatan		Dampak (%)
		Sebelum	Sesudah	
1	Rata-rata pendapatan per siklus	Rp 450.000	Rp 630.000	Naik 40%
2	Ketergantungan listrik PLN	100%	30%	-70%
3	Limbah kotoran ternak	Tidak dimanfaatkan	POC	70%
4	Konsumsi nutrisi per siklus	5 liter	10 liter	+100%

Pada penggunaan AB mix, tanaman membutuhkan dosis yang sangat kecil untuk mendapatkan manfaat maksimal berbeda dengan POC memerlukan waktu lebih lama untuk dicerna dan diserap oleh tanaman. Dalam artian POC membutuhkan lebih banyak volume untuk menyediakan jumlah nutrisi yang setara dengan AB Mix. misalnya 1–2 sendok takar per liter air pada AB mix sedangkan, POC digunakan dalam dosis yang lebih besar, seperti 100-200 ml per liter air (tergantung produk), sehingga POC mengandung lebih sedikit unsur hara dalam volume kecil, untuk mendapatkan jumlah nutrisi yang dibutuhkan tanaman, peserta harus menggunakan lebih banyak POC. Hal ini menyebabkan waktu panen sedikit lebih lama yaitu 50 hari (Ilhamdi,dkk. 2020). Namun menghasilkan daun yang lebih pekat dan dan tekstur gurih.

**Gambar 2. Pakcoy yang siap dipanen**

Pelatihan tidak hanya menghasilkan peningkatan keterampilan teknis peserta (Tabel 2). Juga peningkatan kebermanfaatan dari segi ekonomi maupun lingkungan (Tabel 3) yaitu ekonomi sirkuler dengan menekankan efisiensi sumber daya berupa penggunaan limbah kotoran ternak yang sebelumnya dianggap residu dengan memanfaatkannya kembali menjadi POC dan mengoperasikan sistem hidroponik berbasis energi surya. Ini menunjukkan kemandirian teknologi mulai terbentuk, yang secara tidak langsung berkontribusi pada kemandirian pangan sebesar 40%, menunjukkan bahwa kegiatan yang dilakukan mampu memenuhi kebutuhan pangan. Sejalan dengan SDGs dengan tujuan tercapainya kemampuan masyarakat untuk menghasilkan, mengelola, dan mengonsumsi pangan dari sumber daya lokal yang tersedia tanpa ketergantungan pada input eksternal.

SIMPULAN

Dari hasil evaluasi, terdapat peningkatan pendapatan mitra hingga 60%, penurunan biaya nutrisi dan listrik masing-masing lebih dari 50%, serta penurunan penggunaan air sebesar 60%. Selain itu, peserta menunjukkan peningkatan pemahaman dan keterampilan dalam mengoperasikan

serta memelihara sistem hidroponik secara mandiri. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan edukatif dan partisipatif yang diterapkan dalam kegiatan ini efektif mendorong kemandirian pangan dan keberlanjutan lingkungan di tingkat komunitas.

Dengan demikian, program ini dinilai berhasil dan berpotensi untuk direplikasi di wilayah lain sebagai solusi inovatif dalam pengembangan pertanian urban berbasis energi terbarukan dan limbah organik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Negeri Medan atas biaya kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui skim pendanaan LPPM tahun 2025. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Mitra yaitu Bapak Muhammad Nur Alfiansyah dan masyarakat Dusun XI Sei Rotan Percut Sei Tuan Kab. Deli Serdang dan mahasiswa yang banyak membantu kesuksesan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini,N. , & A. N. (2018). *Teknologi Budidaya Tanaman Sayuran Secara Hidroponik*. Universitas Brawijaya Press.
- Anika, N., & Putra, E. P. D. (2020). Analisis Pendapatan Usaha Tani Sayuran Hidroponik Dengan Sistem Deep Flow Technique (DFT). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(4) : 367–373.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara. (2024). *Statistik Daerah Provinsi Sumatera Utara 2024 Volume 17*. Sumatera Utara: Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara.
- Bastiana., Muhammad, R, A.,Muthiyah, S. Asria, A., Nurfaidawati dan Gabriela, T. (2021). Pembuatan Hidroponik Untuk Meningkatkan Karakter Peduli Kelestarian Lingkungan Pada Siswa di Sekolah Berbasis Adiwiyata SD Inpres Mangasa I Kota Makassar. *Jurnal Lepa-lepa Open*. 1(3): 557-564.
- Dinata, A. P., Maharani, F. J., Rahmadhani, N. R., Afifah, N., Jasmine, S. L., Huda, S. & Khomsah, S. F. (2023). Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik Serta Penerapan Ekonomi Kreatif Di Kelurahan Medokan Ayu. *Karya: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2) : 90-96.
- Faisal, H,N. (2024). Strategi Pemasaran Usaha Sayuran Hidroponik di Ijal Farm Tulungagung. *Jurnal Viabel Pertanian*. 18(2): 143-155.
- Firmansyah, F., T. M. Anngo dan A. M. Akyas. (2009).Pengaruh Umur Pindah Tanam Bbit dan Populasi Tanaman Terhadap Hasil dan Kualitas Sayuran Pakcoy (*Brassica campestris* L., Chinensis group) yang Ditanam dalam Naungan Kasa di Dataran Medium.*Jurnal Agrikultura*. 20 (3) : 216 – 224.
- Harsono, T., Dwi, R.A.K.M., Nurul, H,P., Yossie, U., Suci, R. (2024). Sosialisasi Bercocok Tanam Hidroponik Dalam Upaya Pengembangan Program Wisata Di Prima Wisata Edukasi Desa Selemak. *Prosiding the 9th Seminar Nasional ADPI Mengabdi Untuk Negeri*. 5(1): 160-166.
- Harsono, T., Dwi, R.A.K.M., Nurul, H,P., Yossie, U., Suci, R. (2024).*Buku Saku Panduan Praktis Pembuatan Produk*

- Tepat Guna Untuk Peningkatan Ekosistem Wisata Edukatif.* Banyumas: Pena Persada.
- Sanubary, I. Pande, P.A,S, Diah M. (2021). Pembuatan Instalasi Panel Surya pada Sistem Hidroponik di Desa Dalam Kaum. *Widyabhakti: Jurnal Ilmiah Populer*. 4(1): 31-35
- Siregar, A.F (2020). Kajian pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah dengan nutrisi AB Mix pada sistem Fertigasi dengan berbagai jarak tanam vertikan dan horizontal yang berbeda. *Skripsi*. Universitas Medan.
- Siregar, M. (2018). Respon Pemberian Nutrisi AB Mix pada Sistem Tanaman Hidroponik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman sawi. *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*, 2(2): 18-24.
- Subandi, M.,Salam,N.P., dan Prasetya, B. (2015) Pengaruh berbagai Nilai EC (Electrical Conductivity) terhadap pertumbuhan dan hasil bayam (*Amaranthus sp*) pada hidroponik sistem rakit apung (Floating Hydroponic system). *Jurnal Agroteknologi*, 9(1): 136-152.
- Sumarni, N., Astuti, R. W., & Mumpuni, S. D. (2020). Keterampilan Hidroponik Untuk Perkembangan Sosial-Emosional Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah KONTEKSTUAL*. 3(3): 35-43.
- Surahman, A. Agung, T,P dan Galih K,F. (2024). Implementasi Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Budidaya Tanaman Hidroponik Sawi. *JTST*,5(1): 17-22.
- Wibowo, S. (2009). *Budidaya Bawang Putih, bawang merah, bawang bombay*. Penebar Swadaya.