

Transformation of Vegetable Cultivation Systems Through Vertical Farming on Dry Land in the Niufmolo Farmers Group, East Nusa Tenggara

Transformasi Sistem Budidaya Sayuran Melalui Vertikultur di Lahan Kering pada Kelompok Tani Niufmolo, Nusa Tenggara Timur

Boanerges Putra Sipayung*¹, Wilda Lumban Tobing², Achmad Subchiandi Maulana³, Kristina Kolo⁴

^{1,2,3}Universitas Timor

⁴Penyuluh Pertanian Kabupaten Timor Tengah Utara, Nusa Tenggara Timur

E-mail: sipayung.boanerges@gmail.com¹, wildatob14@gmail.com², achmadsm@unimor.ac.id³, kristinakolo02@gmail.com⁴

Abstract

Niufmolo is a farmer group located in Niufmolo Village with dry land biophysics with a dry climate that results in low productivity and partner income. Its management requires innovation and technology to be used as agricultural land. Verticulture as a transformation of vegetable cultivation is adopted to overcome several problems in farmer groups. This program aims to increase the productivity and income of the Niufmolo farmer group through verticulture technology on dry land. The method of implementing activities is through direct counseling and training. The results show an increase in pak choy productivity of 220-225 kg and income of IDR 5,000,000 in one planting cycle, an increase of 100% compared to conventional methods. This technology is a model for agricultural sustainability in dry climate areas.

Keywords: Dryland Agriculture, Verticulture, Farmer Empowerment, Income Improvement

Abstrak

Niufmolo merupakan kelompok tani yang terletak di Desa Niufmolo dengan biofisik lahan kering beriklim kering yang mengakibatkan rendahnya produktivitas dan pendapatan mitra. Pengelolaannya membutuhkan inovasi dan teknologi untuk digunakan sebagai lahan pertanian. Vertikultur sebagai transformasi budidaya sayuran diadopsi untuk mengatasi beberapa permasalahan pada kelompok tani. Program ini bertujuan meningkatkan produktivitas dan pendapatan kelompok tani Niufmolo melalui teknologi vertikultur di lahan kering. Metode pelaksanaan kegiatan melalui penyuluhan dan pelatihan secara langsung. Hasil menunjukkan peningkatan produktivitas pakcoy sebesar 220-225 kg dan pendapatan sebesar Rp 5.000.000 dalam satu siklus tanam, meningkat 100% dibandingkan metode konvensional. Teknologi ini menjadi model keberlanjutan pertanian di wilayah beriklim kering.

Kata kunci: Pemberdayaan Petani, Peningkatan Pendapatan, Pertanian Lahan Kering, dan Vertikultur

1. PENDAHULUAN

Lahan suboptimal di Pulau Timor Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) umumnya adalah lahan kering beriklim kering (LKIK). Lahan kering yang dicirikan berbatuan, memiliki solum yang dangkal, tingkat kesuburan yang rendah, relief yang berbukit dan bergunung dengan tingkat kemiringan > 25% (cukup tinggi) dan mudah terdegradasi membutuhkan pengelolaan yang berat untuk dijadikan sebagai lahan pertanian (Tobing et al., 2024b) (Hikmat et al., 2022). Iklim kering yang ditandai dengan curah hujan yang tidak menentu (< 2.000 mm/tahun) dan rata-rata bulan basah hanya 3-5 bulan menyebabkan rendahnya produktivitas petani karena lahan hanya dapat ditanami satu kali saja (Heryani & Rejekiningrum, 2020). Ketersediaan air yang rendah menjadi tantangan utama dalam menjalankan sistem pertanian di lahan kering akibatnya kecilnya masa tanam yang mampu dilakukan (Hikmat et al., 2022). Hal ini mempengaruhi rendahnya pendapatan petani lahan kering yang berimplikasi pada tingkat kemiskinan di wilayah LKIK NTT (Matheus et al., 2017). Niufmolo merupakan kelompok tani yang berada di Desa Oelbonak Kecamatan Bikomi Tengah Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) Provinsi NTT. Kelompok ini mempunyai kegiatan

bercocok tanam dengan komoditi unggulannya adalah padi dan jagung. Lahan yang diusahakan adalah 25 are dengan ciri tanah yang sama seperti LKIK. Selama 5 tahun terakhir, jagung menjadi komoditi yang paling banyak dibudidayakan. Penanaman jagung biasa dilakukan saat musim hujan. Produksi yang dihasilkan berkisar 500 kg/musim tanam dengan penjualan Rp 5.000/kg maka diperoleh Rp 2.500.000/musim tanam (Gambar 1). Hasil ini belum termasuk sebagai keuntungan bersih karena ada biaya produksi yang dikeluarkan. Penanaman jagung biasanya dilanjutkan dengan penanaman sayuran (Gambar 2). Umumnya sayuran yang ditanami oleh kelompok tani adalah kangkung dan sawi-sawian menggunakan bedengan ukuran 1 m x 12 m dengan 10 bedengan. Tahun 2023, penanaman sawi dilakukan pada 6 bedengan dan 4 bedengan kangkung. Produksi sawi menghasilkan rata-rata 9-10 kg/bedengan dengan harga penjualan Rp 10.000/kg maka diperoleh Rp 90.000 – Rp100.000/bedengan atau Rp 540.000 – Rp 600.000/musim tanam (6 bedengan). Penanaman kangkung menghasilkan produksi 27-28 kg/bedengan dengan harga penjualan Rp 5.000/kg maka diperoleh Rp 135.000 – Rp 140.000/bedengan atau Rp 540.000 – Rp 560.000/musim tanam (4 bedengan). Total penjualan sayur/musim tanam hanya berkisar Rp 1.000.000 – Rp 1.100.000. Selanjutnya, kelompok tani tidak lagi melanjutkan usahatannya sampai musim penghujan berikutnya. Hal ini menyebabkan rendahnya produktivitas yang mempengaruhi pada pendapatan kelompok tani Niufmolo dan berdampak pada kondisi kemiskinan di TTU pada tahun 2023 sebesar 21,85% dengan garis kemiskinan sebesar Rp. 485.744/kapita/bulan dan jumlah penduduk miskin 57,19 % (BPS Kabupaten Timor Tengah Utara, 2023).



Gambar 1. Penanaman Jagung Kelompok Tani Niufmolo



Gambar 2. Penanaman Sayuran milik Kelompok Tani Niufmolo

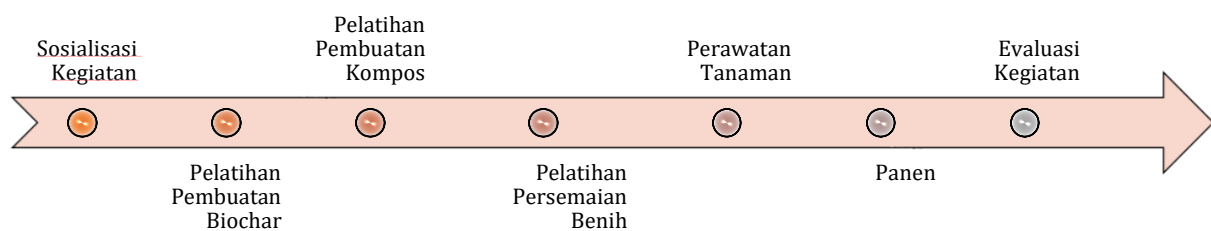
Ketidakefektifan pengelolaan pertanian LKIK memberikan dampak pada cakupan yang cukup luas pada masyarakat di Pulau Timor termasuk kelompok tani Niufmolo. Konteks ini menjadi permasalahan serius pada kesejahteraan hidup dan status kesehatan pada masyarakat tani yang termasuk pada kawasan prioritas 3T. Hal ini menjadi kendala kelompok tani dalam mengakses informasi mengenai praktik dan inovasi pertanian lahan kering beriklim kering. Hal ini berdampak pada kurangnya atau ketidaktepatan adopsi teknologi produksi dan pemanfaatan potensi lokal juga menjadikan sistem manajemen usahatani Niufmolo dipandang kurang efektif dan efisien. Pertanian LKIK membutuhkan strategi untuk meningkatkan produktivitas dan

pendapatan kelompok tani seperti adopsi teknologi budidaya yang tepat, manajemen sumberdaya tanah dan air, serta penggunaan bahan organik berbasis potensi lokal. Penerapan strategi ini akan berdampak positif bagi kelompok tani bukan hanya pada peningkatan produktivitas namun juga peningkatan pendapatan. Melalui vertikultur, kelompok tani mampu menjalankan usahatani sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim.

Teknologi vertikultur dapat diadopsi sebagai transformasi sistem budidaya sayuran pada kelompok tani Niufmolo. Teknologi ini tidak hanya memudahkan petani dalam membudidayakan sayuran sepanjang tahun namun memberi dampak langsung pada peningkatan produktivitas dan pendapatan petani di lahan kering. Peningkatan kualitas media juga dapat dilakukan pada teknologi vertikultur. Hal ini juga mengurangi beratnya pengelolaan lahan kering sebagai lahan pertanian. Teknologi ini diterapkan tidak hanya memudahkan petani dalam membudidayakan sayuran sepanjang tahun namun memberi dampak langsung pada peningkatan produktivitas dan pendapatan petani di lahan kering. Hal ini dapat dilihat dari penerapan teknologi vertikultur pada beberapa kelompok tani di TTU dimana setiap kegiatan menunjukkan hasil produksi dan penjualan yang lebih besar dibandingkan menggunakan bedengan yang berimplikasi pendapatan petani dan produktivitasnya (7–10). Peningkatan kualitas media juga dapat dilakukan pada sistem vertikultur. Hal ini juga mengurangi beratnya pengelolaan lahan kering sebagai lahan pertanian. Transformasi sistem budidaya sayuran melalui vertikultur diterapkan sebagai strategi bertani dengan agroekosistem LKIK yang menjadi kendala utama bagi kelompok tani Niufmolo. Oleh karena itu, pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan pendapatan kelompok tani Niufmolo melalui transformasi sistem budidaya dengan penerapan vertikultur di lahan kering.

2. METODE

Metode yang digunakan pada PKM ini adalah penyuluhan dan pelatihan secara langsung (*learning by doing*) untuk memudahkan kelompok tani memahami pelaksanaan kegiatan baik secara teknis maupun non teknis. Kegiatan dilakukan selama 5 (lima) bulan yang dimulai dari bulan Juli sampai November 2024. Kegiatan ini dihadiri oleh 30 orang dengan melibatkan pemerintah Desa Oelbonak, penyuluh pertanian sekecamatan Bikomi Tengah dan masyarakat sekitar selain anggota kelompok tani Niufmolo untuk ikut mendukung kegiatan PKM sebagai IPTEKS baru untuk pengembangan program-program pembangunan daerah. Tahapan pelaksanaan kegiatan PKM diuraikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Kegiatan PKM

- Sosialisasi kegiatan. Saat sosialisasi, kelompok tani diberikan pemahaman mengenai transformasi sistem budidaya sayuran di lahan kering melalui vertikultur. Teknologi vertikultur dikenalkan sebagai sistem budidaya yang tidak bergantung pada curah hujan dan keunggulan lain seperti memudahkan pengelolaan tanah dan perawatan, manajemen agribisnis dan dampaknya pada pendapatan kelompok tani.
- Pelatihan pembuatan biochar. Disiapkan bahan dasar berupa sekam padi. Pembakaran menggunakan seng berukuran 1m x 1 m yang diberi lubang menggunakan paku. Seng tersebut dibentuk gulungan yang diikat menggunakan kawat besi. Selanjutnya, dibuat bara api menggunakan kayu bakar dan dimasukkan ke bagian dalam gulungan seng. Saat asap

- seudah keluar dari lubang seng, diletakkan sekam padi di sekeliling seng tersebut sambil dibalik balik agar pembakaran merata selama 4 – 5 jam. Matikan bara api jika sekam sudah menghitam seperti arang secara menyeluruh. Siram biochar menggunakan air dengan cara diperciki agar suhu panas mulai turun sebelum digunakan sebagai campuran media tanam
- c. Pelatihan pembuatan kompos. Disiapkan bahan dasar berupa, limbah rumah tangga padat (sisa sayur dan buah) 25 kg, pupuk kandang sapi 25 kg, dedak 5 kg, molase 5 kg, hijauan 25 kg, EM4 2 botol, air 1 L, terpal dan sekop. Semua bahan dicampurkan hingga merata menggunakan sekop. Selanjutnya, semua bahan dibungkus menggunakan terpal kemudian disimpan di tempat yang tidak terkena cahaya matahari. Dilakukan pembalikan setiap 2 hari sekali sampai 14 hari.
 - d. Pelatihan pembuatan pipa vertikultur. Disiapkan alat dan bahan berupa pipa paralon ukuran 4 inci sepanjang 4 m, meteran, spidol, botol kaca, gurinda, *heat gun*, dan kabel listrik. Pipa dipotong menjadi 3 bagian dengan ukuran tinggi pipa menjadi 1,33 m. Setiap pipa ditentukan 3 baris tanam dengan jarak antar baris 12 cm. Setiap baris dibuat lubang tanam dengan jarak 15 cm. Lubang tanam dibuat dengan menentukan titik lubang tanam sesuai ukuran, dibuat potong pendek sebagai titik lubang menggunakan gurinda, kemudian dipanaskan menggunakan *heat gun* dan langsung dibentuk lubang menggunakan botol kaca. Setiap baris terdapat 5 lubang tanam sehingga terdapat 15 lubang tanam pada bagian sisi pipa ditambah 1 pada bagian atas pipa. Total lubang tanam diperoleh sebanyak 16 titik tanam untuk setiap pipa vertikultur. Vertikultur menjadi pilihan tepat pada budidaya sayuran di lahan kering TTU tanpa pengelolaan lahan yang berat, efisien air dan pupuk dalam populasi yang lebih banyak (Bria et al., 2021).
 - e. Pelatihan persemaian benih. Tahap ini dimulai dengan persiapan media tanah dicampur dengan biochar sekam padi dan kompos dengan perbandingan 1:1:1. Disiapkan benih sayuran seperti pakcoy dan selada. Setiap benih ditabur pada media persemaian. Persemaian dilakukan selama 2 minggu.
 - f. Pelatihan perawatan tanaman budidaya sistem vertikultur. Tahap ini kelompok tani dilatih teknik penyiraman, penyulaman, dan penyiangan. Penyiraman dilakukan pagi dan sore dengan cara menggunakan botol yang dilubangi. Penyiraman dilakukan pada setiap lubang tanam. Penyulaman dilakukan jika terdapat tanaman yang tumbuh abnormal setelah dipindahkan ke pipa vertikultur atau mati. Penyiangan dilakukan dengan cara mencabut gulma secara manual menggunakan tangan pada areal pipa.
 - g. Pelatihan panen hasil budidaya sistem vertikultur. Tahap ini dilakukan saat tanaman sudah berumur 28 – 30 hari setelah pindah tanam. Sebelum dilakukan pemanenan, tanaman disiram untuk memudahkan pemanenan. Pemanenan dilakukan dengan cara mencabut seluruh akar tanam yang kemudian dipisahkan bagian tajuk dan akar. Bagian tajuk dibersihkan menggunakan air sebelum dikemas untuk penjualan.
 - h. Evaluasi kegiatan dilakukan melalui observasi dan wawancara langsung pada kelompok tani dengan melihat kondisi di lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekayasa Media Tanam

Media tanam dalam budidaya tanaman menjadi faktor yang penting pada produksi tanaman. Di dalam media tanam sebaiknya mengandung nutrisi-nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman untuk melengkapi kebutuhannya. Media tumbuh yang baik juga mampu menahan air dalam menjaga ketersediaan air untuk tanaman, mampu menjaga keseimbangan retensi dan

drainase karena jika air yang tertahan lebih banyak juga dapat mengakibatkan akar membusuk, sebaliknya akan menyebabkan kekeringan pada tanaman. Akar yang selalu dipengaruhi kualitas media tanam membutuhkan oksigen sehingga diharapkan media tanam juga memiliki porositas yang mendukung sirkulasi udara. Di dalam media yang baik juga diharapkan tersedianya mikroorganisme yang saling menguntungkan dengan tanaman seperti bakteri dan jamur yang meningkatkan kesuburan tanaman dan melindungi tanaman dari patogen. Media tumbuh merupakan unsur penting untuk tanaman karena hara yang dibutuhkan sebagian terdapat di dalamnya, selanjutnya diserap akar untuk pertumbuhan tanaman (Kusmarwiyah & Erni, 2011).

Kondisi lahan kering yang mempunyai keterbatasan air, mudah terdegradasi, dengan kualitas fisik yang rendah membutuhkan pengelolaan yang lebih baik untuk dijadikan sebagai lahan pertanian. Penggunaannya sebagai media tanam membutuhkan input lain untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Kompos dan biochar menjadi input tambahan dalam meningkatkan kualitas media tanam. Kompos berbahan dasar limbah rumah tangga, hijauan dan pupuk kandang sapi dan biochar berbahan dasar sekam padi yang dijadikan arang. Kedua bahan tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman yang mengindikasikan bahwa media tumbuh dari lahan kering mampu menyediakan kondisi lingkungan yang baik untuk tanaman. Dari hasil penelitian diketahui bahwa media tumbuh menggunakan campuran pupuk kandang sapi mampu meningkatkan pertumbuhan sawi secara nyata dengan sistem vertikultur (Munthe et al., 2018). Kombinasi tanah dan kompos sebagai media tumbuh terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan sawi dengan eprbandingan 2:1 (Kurniawati M. I. L., 2018). Penggunaan biochar di dalam media tumbuh budidaya sawi sebanyak 20 t/ha menjadi perlakuan yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya (Asroh et al., 2023). Penggunaan kompos dan biochar mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, respirasi, P-tersedia, pertumbuhan tinggi tanaman, dan rata-rata bobot umbi bawang merah (Antonius et al., 2018). Kompos dan biochar sebagai pembenah tanah di lahan kering mampu meningkatkan kualitas tanah sebagai media tanam (Opat et al., 2024; Tobing et al., 2024a). Rekayasa media tanam melalui kompos dan biochar (Gambar 4). Diketahui kedua bahan tersebut mampu meningkatkan kualitas tanah di lahan kering dan meningkatkan produksi sayuran pakcoy (Tobing et al., 2024a, 2024b)). Pertumbuhan tanaman dapat ditingkatkan melalui kompos secara berkelanjutan (Fischer & Glaser, 2012; Liu et al., 2012). Kualitasnya dapat ditingkatkan dengan penambahan biochar karena kemampuan biochar dalam menyerap karbon secara potensial lebih tinggi dan lebih stabil, sehingga lebih tahan lama (Fischer & Glaser, 2012; Schulz & Glaser, 2012). Aplikasi keduanya teruji bagus baik diterapkan di lapangan maupun skala pot (Kammann et al., 2016; Schmidt et al., 2015).



Gambar 4. Rekayasa Media Tanam Menggunakan Kompos dan Biochar

Penerapan Teknologi Vertikultur

Teknologi vertikultur menjadi alternatif yang tepat di lahan kering dengan kendala sulit pengelolaan lahan dan rendahnya curah hujan (Gambar 5). Dibandingkan menggunakan bedengan, penerapan vertikultur dalam sistem pertanian sayuran di lahan kering memberikan kemudahan dalam pengelolaannya, efisien tenaga, waktu, dan air serta mampu meningkatkan pendapatan kelompok tani (Sipayung et al., 2024). Pertanian vertikal di lingkungan yang direkayasa (pertanian

lingkungan terkendali) telah menunjukkan potensi untuk menghasilkan tanaman berkualitas tinggi dan hasil panen tinggi di iklim yang keras. Metode budidaya yang digunakan di sebagian besar pertanian vertikal mengonsumsi 90% lebih sedikit air daripada pertanian konvensional, yang menyelesaikan salah satu tantangan terbesar sektor pertanian di daerah yang terkena dampak kekeringan (Farhangi et al., 2021). Penggunaan teknologi vertikultur mampu mengurangi kebutuhan air, pestisida, pupuk serta produktivitas tinggi (Asseng et al., 2020). Melalui vertikultur, perawatan tanaman sangat mudah dilakukan seperti penyiraman dan penyiangan. Penyiraman dilakukan oleh kelompok tani dengan menggunakan air sebanyak 1 L/pipa/16 tanaman. Hal ini jauh lebih efisien dan efektif dalam penggunaan air melalui budidaya dengan teknologi vertikultur dibandingkan menggunakan bedengan. Penyiangan jauh lebih mudah dilakukan dibanding menggunakan bedengan. Penerapan teknologi vertikultur mengurangi hadirnya gulma dalam satuan luas lahan yang lebih kecil namun dengan jumlah populasi yang besar.



Gambar 5. Pembuatan dan Penerapan Vertikultur di Lahan Kering

Sejauh ini, sistem kultur yang paling banyak digunakan di pertanian vertikal komersial dengan keuntungan dari sistem ini adalah kesederhanaannya, efisiensi tinggi, dan keandalan operasi (Sharma et al., 2018). Teknik budidaya ini memungkinkan petani untuk menghasilkan hasil panen berkualitas tinggi di lahan kecil.

Analisis Ekonomi

Budidaya sayuran pada PKM ini sampai pada analisis ekonomi. Pemanenan hasil dilakukan setelah umur tanaman 28 hari setelah pindah tanam (Gambar 6). Panen ini dilakukan dengan memisahkan bagian tajuk dan akar. Pada PKM ini, kelompok tani menggunakan areal 30 m x 30 m dari 25 are lahan yang dimiliki. Terdapat 360 pipa vertikultur dengan 180 pipa ditanami pakcoy dan 180 pipa ditanami selada. Hasil rata-rata pakcoy diperoleh 75-85 g/tanaman, 1,2-1,3 kg/pipa, total bobot keseluruhan 220-225 kg. Harga jual per kg pakcoy sebesar Rp 10.000/kg dengan total penjualan Rp 2.200.000. Hasil rata-rata selada diperoleh 50-60 g/tanaman, 0,8-0,9 kg/pipa, total bobot keseluruhan 150-155 kg. Harga per kg selada sebesar Rp 20.000/kg dengan total penjualan Rp 3.000.000. Total keseluruhan dalam satu kali tanam pada lahan 30 m x 30 m menghasilkan total penjualan Rp 5.000.000 dalam waktu produksi 2 bulan. Hasil ini lebih banyak dibandingkan menggunakan bedengan. Sebelum PKM, kelompok tani menghasilkan paling banyak Rp 2.500.000 dalam penggunaan seluruh luas areal yang dimiliki. Hasil kegiatan PKM ini berpotensi menghasilkan pendapatan lebih besar karena terdapat lahan kosong yang bisa digunakan untuk menanam tanaman lain tanpa mengubah kebiasaan kelompok tani dalam menanam tanaman pangan. Hal ini dapat dilihat dari penerapan vertikultur pada PKM beberapa kelompok tani di TTU dimana setiap kegiatan menunjukkan hasil produksi dan penjualan yang lebih besar dibandingkan menggunakan bedengan yang berimplikasi pendapatan petani dan produktivitasnya (Bria et al., 2021; Raharjo et al., 2022; Sipayung et al., 2024; Tobing et al., 2023).



Gambar 6. Panen Sayuran

4. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) pada Kelompok Tani Niufmolo mampu meningkatkan produktivitas dan pendapatan kelompok tani dalam satuan lahan yang lebih kecil dibandingkan secara konvensional. Dalam satu kali penanaman pada budidaya sayuran sistem vertikultur menghasilkan sebesar Rp 5.000.000. Penggunaan vertikultur berpotensi menghasilkan pendapatan yang lebih besar dalam 1 tahun karena sistem budidayanya tidak bergantung pada iklim dan memudahkan pengelolaan lahan melalui rekayasa media tanam. Peningkatan kualitas media tumbuh melalui penggunaan kompos dan biochar telah dapat dilakukan kelompok tani secara mandiri. Hasil kegiatan PkM pada niufmolo telah menjadi penggerak pada kelompok tani lainnya disekitar lokasi dalam mengedukasi penerapan vertikultur di lahan kering yang diikuti dengan kemudahan dan keunggulannya sesuai permasalahan lahan dan iklim yang dihadapi oleh petani di Desa Oelbonak. Keberlanjutan program dilakukan diversifikasi jenis sayuran, pemasaran hasil panen, dan membangun kerja sama dengan pemerintah daerah selaku pemegang kebijakan untuk mempertimbangkan penggunaan teknologi vertikultur sebagai budidaya sayuran di lahan kering secara meluas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah memberi dukungan **financial** terhadap pengabdian ini melalui Hibah Program Kemitraan Masyarakat (PKM) Tahap I Anggaran 2024 dengan nomor kontrak: 120/E5/PG.02.00.PM.Baru/2024 dan kontrak turunan: 238/UN60.6/PM/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius, S., Dwi Sahputra, R., Nuraini, Y., & Kumala Dewi, T. (2018). Manfaat Pupuk Organik Hayati, Kompos dan Biochar pada Pertumbuhan Bawang Merah dan Pengaruhnya terhadap Biokimia Tanah Pada Percobaan Pot Menggunakan Tanah Ultisol. *Jurnal Biologi Indonesia*, 14(2). <https://doi.org/10.47349/jbi/14022018/243>
- Asroh, A., Danial, E., Novriani, & Nurjanah, W. (2023). Pengaruh POC Limbah Buah dan Biochar Sekam Padi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Pagoda (*Brassicca narinosa* L.). *Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian*, 5(1).
- Asseng, S., Guarin, J. R., Raman, M., Monje, O., Kiss, G., Despommier, D. D., Meggers, F. M., & Gauthier, P. P. G. (2020). Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(32). <https://doi.org/10.1073/pnas.2002655117>
- BPS Kabupaten Timor Tengah Utara. (2023). *KABUPATEN TIMOR TENGAH UTARA DALAM ANGKA*. 244 hal. <https://timortengahutarakab.bps.go.id/publikasi.html>

- Bria, L. N., Sipayung, B. P., & Tobing, W. L. (2021). Pemanfaatan Lahan Pekarangan Melalui Sistem Vertikultur Budidaya Sayuran Kelompok Tani Sinar Manumuti Desa Upfaon. *Bakti Cendana*, 4(1). <https://doi.org/10.32938/bc.v4i1.850>
- Farhangi, M., Farhangi, S., van de Vlasakker, P. C. H., & Carsjens, G. J. (2021). The role of urban agriculture technologies in transformation toward participatory local urban planning in rafsanjan. *Land*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/land10080830>
- Fischer, D., & Glaser, B. (2012). Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration. In *Management of Organic Waste*. <https://doi.org/10.5772/31200>
- Heryani, N., & Rejekiningrum, P. (2020). Pengembangan Pertanian Lahan Kering Iklim Kering Melalui Implementasi Panca Kelola Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(2). <https://doi.org/10.21082/jsdl.v13n2.2019.63-71>
- Kammann, C., Glaser, B., & Schmidt, H. P. (2016). Combining biochar and organic amendments. In *Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice*. <https://doi.org/10.4324/9781315884462>
- Kurniawati M. I . L., F. (2018). Pengujian Kualitas Kompos di Kebun Raya Cibodas terhadap Pertumbuhan Sawi Hijau (Brassica rapa). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 9(1). <https://doi.org/10.29244/jhi.9.1.47-53>
- Kusmarwiyah, R., & Erni, S. (2011). Pengaruh Media Tumbuh dan Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.). *Jurnal Crop Agro*, 4(2). <https://cropagro.unram.ac.id/index.php/caj/article/view/95/78>
- Liu, J., Schulz, H., Brandl, S., Miehtke, H., Huwe, B., & Glaser, B. (2012). Short-term effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(5). <https://doi.org/10.1002/jpln.201100172>
- Matheus, R., Basri, M., Rompon, M. S., & Neonufa, N. (2017). Strategi Pengelolaan Pertanian Lahan Kering Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan di Nusa Tenggara Timur. *Partner*, 22(2). <https://doi.org/10.35726/jp.v22i2.246>
- Munthe, K., Pane, E., & Panggabean, E. L. (2018). Budidaya Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Pada Media Tanam Yang Berbeda Secara Vertikultur. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian*, 2(2). <https://doi.org/10.31289/agr.v2i2.1632>
- Opat, Y. N., Tobing, W. L., Tefa, A. Y., & Ndua, N. D. D. (2024). The Effect of Different Sources of Nitrogen Fertilizer and Types of Ameliorant on Growth and Yield and Nitrogen Uptake Of Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Plants Through Inner Witch System. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi Dan Budidaya Perairan*, 22(1), 132–139.
- Raharjo, K. T. P., Tobing, W. L., Sipayung, B. P., Gumelar, A. I., & Bria, D. (2022). Pemanfaatan Lahan Pekarangan untuk Budidaya Pakcoy Sistem Vertikultur pada KWT Mawar di Desa Kuaken Kabupaten Timor Tengah Utara Utilization of Yard Land for Pakcoy Cultivation Verticulture System at KWT Mawar in Kuaken Village Timor Tengah Utara Regency. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/prima.v6i1.54029>
- Schmidt, H. P., Pandit, B. H., Martinsen, V., Cornelissen, G., Conte, P., & Kammann, C. I. (2015). Fourfold Increase in Pumpkin Yield in Response to Low-Dosage Root Zone Application of Urine-Enhanced Biochar to a Fertile Tropical Soil. *Agriculture (Switzerland)*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture5030723>
- Schulz, H., & Glaser, B. (2012). Compared Biochar and Compost effects on plant growth and soil factors as reported for three consequent greenhouse trial setups. *EGU General Assembly 2012, Held 22-27, Vienna; Austria*, 35.
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4). <https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5>
- Sipayung, B. P., Tobing, W. L., Tefa, A. Y., epriliati, I., Widyawati, P. S., Laurentinus, H. S., Buan, F. C. H., & Silla, M. E. (2024). Inovasi Teknologi Budidaya Sayuran pada Lahan Kering Melalui Pupuk Organik dan Vertikultur dengan Sistem Fertigasi Sumbu di Desa Napan Kabupaten

- Timor Tengah Utara NTT. *Jurnal Pengabdian Undikma*, 5(1). <https://doi.org/10.33394/jpu.v5i1.10305>
- Tobing, W. L., Ndua, D. D., & Hanas, D. F. (2024a). Utilization of organic ameliorants and fertilizers to increase Entisol total N through axis system fertigation in vertical cultivation. In *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1302). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1302/1/012023>
- Tobing, W. L., Ndua, N. D. D. N., & Hanas, D. F. (2024b). Verticulture Cultivation Fertigation System through Wick: Study of Growth and Yield of Pakchoi in Dry Land. *Universal Journal of Agricultural Research*, 12(1), 133–147. <https://doi.org/10.13189/ujar.2024.120113>
- Tobing, W. L., Sipayung, B. P., Maulana, A. S., Kia, K. W., Nino, A., Kaet, P. E., Manehat, M. A., Seran, E., Asa, M., & Kato, C. E. (2023). Pemberdayaan Kelompok Tani Perempuan Sion Melalui Vertikultur dan Penerapan Integrasi Ternak-Tanaman Budidaya Pakcoy di Pekarangan. *Jurnal Pengabdian UNDIKMA: Jurnal Hasil Pengabdian & Pemberdayaan Kepada Masyarakat*, 4(1), 27–35. <https://doi.org/10.33394/jpu.v4i1.6425>