

Pemberdayaan Kelompok Tani Sayuran melalui Intensifikasi Ekologi Menggunakan Eko-Teknologi Non-Mikroba di Sekitar Kebun Raya Kendari

(Empowerment of Vegetable Farming Group through Ecological Intensification Using Non-Microbial Ecotechnological Near Kendari Botanical Garden)

Laode Muhammad Harjoni Kilowasid^{1*}, Robiatul Adawiyah¹, Nur Isiyana Wianti²

¹ Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Jalan HEA Mokodompit, Kampus Bumi Tridharma, Anduonohu, Kambu, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara 93132.

² Jurusan Penyuluhan dan Komunikasi Pertanian, Universitas Halu Oleo, Jalan HEA Mokodompit, Kampus Bumi Tridharma, Anduonohu, Kambu, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara 93132.

*Penulis Korespondensi: lohardjoni2@yahoo.co.id

Diterima Oktober 2021/Disetujui Agustus 2022

ABSTRAK

Inovasi pertanian dalam era *green revolution* mengandung risiko ekologi yang tinggi, sehingga dibutuhkan inovasi eko-teknologi untuk keberlanjutan produktivitas pertanian. Tidak semua petani memiliki pengetahuan inovasi ini, termasuk anggota Kelompok Tani Nanga-Nanga Makmur di sekitar Kebun Raya Kota Kendari. Program kemitraan masyarakat ini bertujuan untuk: i) Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani sasaran mengenai pengelolaan limbah organik yang berlimpah di sekitar lahan petani untuk dijadikan produk-produk pupuk organik non-mikroba dan ii) Meningkatkan pengetahuan petani sasaran mengenai pengujian kualitas tanah sebagai dasar bagi petani menetapkan dosis biofertilizer non-mikroba pada lahan pertanian yang dikelola. Metode penyuluhan dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut melalui kegiatan tatap muka dan pelatihan melalui pendampingan menggunakan demonstrasi plot. Data peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani direkam melalui foto selama pendampingan dan demonstrasi plot, dan dianalisis secara deskriptif. Hasil kegiatan ini telah menambah pengetahuan dan keterampilan petani dalam melakukan evaluasi kesuburan tanah menggunakan KIT untuk analisis tanah, dan menentukan kebutuhan bahan organik dan pupuk. Petani mitra telah mampu dan terampil memproduksi biochar, *compost tea*, dan kompos sebagai biofertilizer non-mikroba dengan memanfaatkan limbah organik cair dan limbah padat organik. Petani mampu mengelola kualitas tanah dan kesehatan tanaman melalui aplikasi biofertilizer non-mikroba ke tanah dan tanaman. Petani juga telah memiliki wawasan dalam pengendalian hama/penyakit melalui pendekatan eko-teknologi.

Kata kunci: biochar, biofertilizer, *compost tea*, kompos, limbah organik

ABSTRACT

Agricultural Innovation in the green revolution contains high ecological risk, so that eco-technology innovation is needed for the sustainability of agricultural productivity. Unfortunately, not all farmers know about this innovation, including members of the Nanga-Nanga Makmur Farmers Group around the Kendari City Botanical Gardens. This Community Partnership Program aimed to: (i) increase the knowledge and skills of target farmers regarding the management of abundant organic waste around farmers' fields to be used as non-microbial biofertilizer products; and (ii) enhance knowledge to target farmers about conducting soil quality testing as a reference for farmers to determine the dose of non-microbial biofertilizer on managed agricultural land by members of the farmer groups. The method applied to achieve this goal is to do agricultural extension through in person training activities through mentoring in plot demonstration actions. Data on the increasing knowledge and skills of farmers were recorded through photos during mentoring and pilot demonstrations and analyzed descriptively. The results of these activities have increased the knowledge and skills of farmers in evaluating soil fertility using KIT for soil analysis, and determining the need for organic matter and fertilizers. Partner farmers are able and skilled to produce biochar, *compost tea*, and compost as non-microbial biofertilizer by utilizing liquid organic waste and organic solid waste. Farmers can to manage soil quality and plant health through the application of non-microbial biofertilizer to soil and plants. Farmers also have insight into pest/disease control through an eco-technology approach.

Keywords: biochar, biofertilizer, compost, *compost tea*, organic waste

PENDAHULUAN

Era *green revolution* produksi pertanian mampu memenuhi kebutuhan penduduk melalui aplikasi pupuk kimia, varietas unggul, pestisida, dan teknologi irigasi dalam agroekosistem (Pingali 2012) termasuk Indonesia. Inovasi ini memiliki dampak lingkungan dan tidak efisiennya penggunaan energi dan bahan bakar fosil untuk memproduksi pupuk dan pestisida. Dampak buruk terhadap ekologi tersebut memicu diubahnya paradigma dalam intensifikasi pertanian menjadi intensifikasi ekologi sebagai pendekatan pengelolaan produktivitas agroekosistem berkelanjutan, khususnya kepada petani kecil (Tittonell & Giller 2013). Penggunaan teknologi dalam intensifikasi ekologi diarahkan kepada penggunaan eko-teknologi untuk pengelolaan agroekosistem dengan cara meminimalkan biaya tindakan dan kerusakannya terhadap lingkungan melalui sistem daur ulang limbah organik, yang memungkinkan kemajuan ekonomi petani lebih berkualitas (Haddaway *et al.* 2018; Macura *et al.* 2019). Bentuk implementasi dari pendekatan eko-teknologi bidang pertanian, di antaranya aplikasi biofertilizer mikroba dan biofertilizer non-mikroba yang meliputi: kompos, *compost tea*, biochar, vermikompos, ekstrak rumput laut dan campuran biochar-kompos untuk perbaikan kualitas dan kesuburan tanah, dan kinerja dan kualitas panen tanaman pangan dan hortikultura (Samal *et al.* 2016), sehingga penerapan eko-teknologi sangat potensial meningkatkan kapasitas dan pengembangan kewirausahaan skala rumah tangga petani tradisional.

Tidak semua petani memiliki pengetahuan terhadap inovasi eko-teknologi, sehingga ketergantungan petani terhadap aplikasi bahan-bahan kimia pada kegiatan pertanian masih sangat tinggi. Hal ini terjadi pada sejumlah petani hortikultura yang tergabung dalam kelompok tani (KT) Nanga-Nanga Makmur yang bercocok tanam di lahan miskin hara di sekitar Kebun Raya Kendari. Aktivitas penggunaan tanah utama petani di Kebun Raya Kendari sendiri adalah lahan pertanian tegal/kebun (BPS 2020). Praktik pertanian yang diterapkan masih bersifat tradisional, dengan sistem tebas-bakar. Setelah 2–3 kali penanaman terjadi penurunan kualitas tanah, yang mengakibatkan pertumbuhan dan produksi tanaman pangan dan sayuran menjadi terbatas. Petani tanaman pangan dan sayuran di daerah ini, ada yang telah tergabung dalam kelompok Tani Nanga-Nanga Makmur dengan

jumlah anggota 20 orang, dan ada yang belum tergabung dalam kelompok tani. Wawancara dengan anggota kelompok tani diperoleh informasi bahwa tanaman sayuran yang dibudidayakan, meliputi kacang panjang, terong, kangkung, cabai, dan tomat. Hanya beberapa anggota yang masih bertahan membudidayakan tanaman sayuran secara menetap, sedang anggota lainnya yang gagal panen meninggalkan kebunnya, dan mulai mengonversi hutan menjadi area baru untuk budidaya tanaman. Hal yang sama juga dilakukan oleh petani yang belum tergabung dalam kelompok tani.

Meskipun pada kenyataannya terdapat petani yang telah mengaplikasikan pupuk kandang seadanya yang dikombinasi dengan pupuk anorganik sebagai teknologi pengelolaan kualitas dan kesuburan tanah. Pupuk kandang tersebut diproduksi oleh peternak sapi dan kambing setempat, namun kualitas hasil panen tidak optimal, dan keberlanjutan produktivitas hanya berlangsung 2–3 kali penanaman. Adanya faktor pembatas dari kualitas dan kesuburan tanah, kinerja pertumbuhan tanaman, dan kualitas panen rendah mengakibatkan sejumlah petani meninggalkan kebunnya dan mencari lahan baru dengan membuka area hutan di sekitar kawasan Hutan Lindung Nanga-Nanga. Kondisi petani ladang berpindah di Sulawesi Tenggara yang menerapkan sistem pertanian tebang bakar merupakan kelompok masyarakat miskin yang hidup pada kondisi subsistensi (Taridala *et al.* 2018).

Potensi bahan baku biofertilizer non-mikroba di sekitar lahan petani Nanga-nanga Makmur sangat berlimpah. Limbah organik yang dihasilkan dari aktivitas pertanian, pengrajin mebel/*sawmill*, dan rumah tangga di wilayah Kelurahan Mokoau merupakan sumber bahan baku utama pembuatan biofertilizer non-mikroba, seperti biochar untuk pembenah kualitas tanah dan kompos sebagai pupuk organik untuk mengembalikan hara yang tersimpan dalam bahan organik ke dalam tanah dan pemulihan kualitas tanah kebun petani. Urine dari kandang sapi warga, limbah cair rumah tangga seperti air cucian beras, dan lindi kompos (*compost tea*) dapat digunakan sebagai pupuk organik cair dan larutan pembawa mikroba lokal dekomposer (MOL) dalam proses pembuatan kompos (Fermin *et al.* 2020; Kilowasid *et al.* 2020).

Pentingnya implementasi eko-teknologi dan kurangnya pengetahuan petani terhadap eko-teknologi khususnya pada petani sayuran di

sekitar Kebun Raya Kendari, maka tujuan kegiatan pengabdian ini adalah i) Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani sasaran terkait pengelolaan limbah organik yang berlimpah di sekitar lahan petani untuk dijadikan produk-produk biofertilizer non-mikroba dan ii) Memberikan pengetahuan kepada petani sasaran tentang melakukan pengujian kualitas tanah sebagai dasar rujukan petani menetapkan dosis biofertilizer non-mikroba pada lahan pertanian yang dikelola.

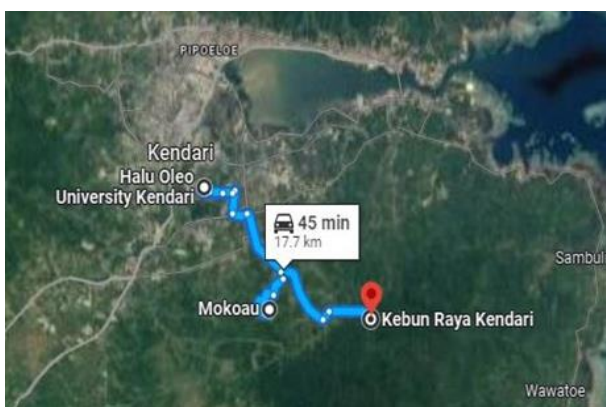
METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Lokasi Kegiatan

Program Kemitraan Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan mulai Maret–Oktober 2021. Lokasi kegiatan difokuskan dalam wilayah kerja Kelompok Tani (KT) Nanga-Nanga Makmur di sekitar Kebun Raya Kota Kendari, Kelurahan Mokoau, Kecamatan Kambu, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara. Posisi geografis $4^{\circ}2'51,88''$ LS dan $122^{\circ}33'21''$ BT, dan ketinggian tempat pada 30 mdpl. Kondisi iklim meliputi temperatur udara adalah $26,4^{\circ}\text{C}$, kelembaban udara adalah 86,3%, dan curah hujan sebanyak 2.542,9 mm/tahun dengan 227,4 hari hujan. Jarak dari Universitas Halu Oleo (UHO) ke lokasi mitra sejauh 9,8 km, waktu tempuh 20 menit. Peta lokasi kegiatan disajikan pada Gambar 1

Masyarakat Mitra

Partisipan dari kegiatan ini berasal dari dua mitra berbeda, yaitu KT Nanga-Nanga Makmur dan pengrajin mebel. KT Nanga-nanga Makmur memiliki 20 petani yang mengusahakan tanaman hortikultura sebagai mata pencaharian utama maupun sebagai mata pencaharian sampingan. Lima dari 20 petani di KT Nanga-nanga Makmur



Gambar 1 Lokasi kegiatan pengabdian di sekitar Kebun Raya Kendari.

adalah perempuan tani. Hampir semua anggota kelompok tani mengelola lahan pertanian baik milik sendiri maupun sistem pinjam pakai untuk menanam tanaman sayur-mayur dan cabai.

Mitra selanjutnya adalah pengrajin mebel yang membangun usahanya berdampingan dengan tempat tinggal maupun lahan yang dikelola oleh petani. Mitra pengrajin mebel diharapkan memberikan limbah produksi pembuatan mebel berupa potongan kayu, maupun sekam kayu untuk kemudian dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan biochar dan kompos.

Metode Pelaksanaan

Kegiatan PKM dimulai dengan melakukan survei terkait kondisi awal praktik pertanian yang dilakukan oleh anggota KT Nanga-Nanga Makmur, dan ketersediaan pupuk organik dalam dan sekitar area kerja kelompok tani. Metode pelaksanaan kegiatan disusun dari hasil survei untuk mencapai sasaran kegiatan pengabdian masyarakat. Metode pendekatan untuk mencapai tujuan kegiatan dilaksanakan melalui penyuluhan, pendampingan, dan demonstrasi plot.

Penyuluhan dilakukan melalui kegiatan tatap muka di tempat rapat KT Nanga-Nanga Makmur, di tempat ibadah (masjid) dan di halaman rumah warga, dan tempat dimana petani dan anggota masyarakat sedang berinteraksi secara tidak terjadwal. Kelompok sasaran penyuluhan meliputi petani atau warga dalam wilayah kerja KT Nanga-Nanga Makmur. Semenjak berlakunya Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) selama Pandemi Covid-19, kegiatan penyuluhan dilakukan sesuai waktu yang disepakati, tanpa melibatkan kerumunan peserta penyuluhan dalam ruang dan waktu tertentu seperti lazimnya dalam kondisi normal. Kegiatan penyuluhan awal masih melibatkan kerumunan saat buka bersama warga di masjid dalam wilayah kerja KT. Setelah pengetatan penerapan PSBB, kegiatan penyuluhan insidental dilakukan dengan tatap muka bersama 3–5 orang warga masyarakat yang dilaksanakan di halaman rumah warga. Petani/warga yang terlibat dalam tatap muka ini menyampaikan permasalahan kondisi kebun dan tim PKM menyampaikan solusi berdasarkan pendekatan pemecahan permasalahan yang diterapkan melalui demonstrasi plot terkait memproduksi biofertilizer non-mikroba dan manajemen kesehatan kebun.

Pendampingan dan demonstrasi plot untuk meningkatkan pengetahuan kelompok masyarakat petani terkait evaluasi kualitas dan

kesuburan tanah, pengelolaan limbah padat, dan demonstrasi plot mengonversi limbah padat organik menjadi biofertilizer non-mikroba. Demonstrasi plot memproduksi mandiri biofertilizer non-mikroba berkualitas menggunakan limbah padat organik dan bermacam biomassa sekitar, dan aplikasinya ke tanah dan tanaman. Pendampingan dan demonstrasi plot terkait manajemen tanaman, hama/penyakit, iklim mikro, dan air di kebun petani.

Metode Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis data Data

Data terkait peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani sasaran terkait pengelolaan limbah organik untuk dijadikan produk-produk biofertilizer non-mikroba direkam melalui foto kegiatan petani selama mempersiapkan material, memproduksi, dan mengaplikasi bio-fertilizer non-mikroba melalui tanah dan daun. Data peningkatan pengetahuan petani sasaran tentang melakukan pengujian kualitas tanah sebagai dasar rujukan petani menetapkan dosis biofertilizer non-mikroba pada lahan pertanian yang dikelola direkam melalui foto kegiatan selama pendampingan dan demonstrasi plot, dan catatan petani hasil melakukan analisis kualitas tanah. Data yang terekam melalui foto kegiatan dan hasil evaluasi kualitas tanah dianalisis secara deksriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awal Praktik Pertanian Kelompok Tani Mitra

Mitra yang dilibatkan dalam kegiatan ini adalah anggota KT Nanga-Nanga Makmur dan pengrajin mebel. Anggota KT yang dilibatkan berdasarkan keputusan rapat, dan ditunjuk sebanyak tiga anggota KT yang lahan usaha tani sayurnya digunakan sebagai area demonstrasi plot. Anggota KT yang dilibatkan tersebut terdiri atas dua laki-laki dan satu wanita tani. Anggota KT Nanga-Nanga Makmur telah mengaplikasikan pupuk kandang untuk meningkatkan kesuburan tanah (kandungan karbon organik tanah), namun dalam jumlah sangat sedikit. Aplikasi pupuk kandang dikombinasi dengan pupuk anorganik sebagai teknologi pengelolaan kualitas dan kesuburan tanahnya. Kondisi tanah miskin karbon organik membutuhkan penambahan bahan organik berupa pupuk kandang atau kompos dalam jumlah banyak. Pupuk kandang

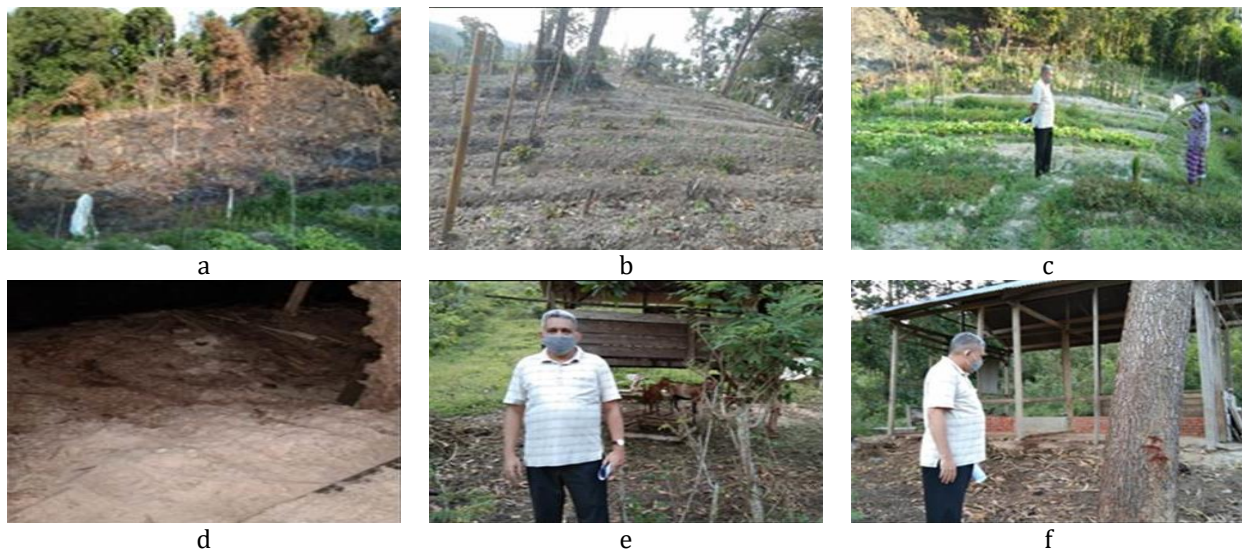
berupa kotoran dari sapi dan kambing diproduksi oleh peternak sapi dan kambing anggota KT dalam skala yang sangat kecil. Jumlah sapi yang dipelihara sembilan ekor dan kambing 15 ekor. Sehingga, pasokan kotoran sapi dan kambing untuk pemenuhan kebutuhan pupuk kandang kebun sayuran anggota KT sangat terbatas. Implikasinya, pupuk kandang tersedia tidak dapat mencukupi untuk perbaikan kesuburan tanah, dampaknya kualitas hasil panen sayuran tidak optimal, dan keberlanjutan produktivitas hanya berlangsung dalam jangka pendek sekitar 2–3 kali penanaman.

Mitra pengrajin mebel yang dilibatkan berdasarkan pilihan pengurus KT, dan ditetapkan pengrajin mebel PA sebagai mitra dalam kegiatan ini. Lokasi pengrajin mebel ini berada di sekitar lokasi ketiga kebun untuk demonstrasi plot. Pada tempat kerja PA tertimbun serutan kayu dan serbuk gergaji yang telah mencapai 2 m selama tujuh tahun, dan juga potongan kayu yang tidak termanfaatkan. Limbah padat ini juga telah menimbun aliran sungai di sekitar area kerja pembuatan mebel PA. Limbah padat dari pembuatan mebel dan *sawmill* dalam area wilayah kerja kelompok tani cukup banyak tersedia untuk dikonversi menjadi biofertilizer non-mikroba. Gambaran kondisi praktek pertanian, peternak sapi dan kambing, dan limbah serbuk gergaji pengrajin mebel sekitar Kebun Raya Kendari di Kelurahan Mokoau disajikan pada Gambar 2.

Penyuluhan dan Sosialisasi

Kegiatan penyuluhan dilakukan secara insidental melalui tatap dengan anggota KT dan warga di dalam rumah, rapat KT, tempat ibadah (masjid) saat buka bersama, halaman rumah, dan depan warung untuk memberikan penjelasan terkait program. Sosialisasi Program Kemitraan Masyarakat (PKM) secara langsung dengan ketua Kelompok Tani Nanga-Nanga Makmur, Kelompok Tani Nanga-Nanga Makmur bersama Penyuluh, kelompok Tani Nanga-Nanga Makmur dan petani lainnya yang dihadiri oleh lurah, kepala RW, ketua RT, dan sosialisasi kepada camat, lurah, dan Ketua RW Mokoau. Sosialisasi program terlihat pada Gambar 3.

Kegiatan penyuluhan dan sosialisasi secara tatap muka dilakukan dengan memerhatikan protokol kesehatan untuk mencegah penularan Covid-19. Selain itu, untuk mengatasi kendala terkait kebijakan pandemi Covid-19, dilakukan dengan mengubah strategi pelatihan dan pendampingan yang telah direncanakan sebelumnya.



Gambar 2 a) Pembukaan lahan miring dengan sistem tebas-bakar b); Teras kebun pada lahan miring; c) Diskusi dengan petani sayuran calon mitra; d) Timbunan limbah mebel; e) Kandang sapi dan kambing peternak; dan f) Kotoran sapi di kandang.



Gambar 3 a) Sosialisasi kepada ketua kelompok tani; b) Sosialisasi dalam rapat kelompok tani yang dihadiri penyuluh; c) Penyuluhan kepada anggota kelompok tani dan petani calon pelaksana demonstrasi plot; d) Penyuluhan kepada petani; e) Penyuluhan kepada warga; dan f) Sosialisasi kepada Camat, Lurah Mokoau, dan ketua RW.

Pelatihan tidak dilakukan secara kelompok, namun tim pelaksana kegiatan langsung melatih kepada anggota kelompok tani untuk melakukan praktik langsung di kebun atau halaman rumah masing-masing.

Pelatihan dan Pendampingan Evaluasi Kesuburan Tanah

Kegiatan ini melibatkan ketua, sekretaris dan anggota kelompok tani untuk menggunakan KIT analisis tanah kering pada kebun mereka sendiri. Pelatihan dan pendampingan mengambil sampel tanah kebun ke petani untuk demplot,

mengukur pH, suhu, dan kelembaban tanah menggunakan alat ukur digital dilaksanakan pada 08 Mei 2021. Setelah dilakukan pelatihan dan pendampingan tentang evaluasi kualitas dan kesuburan tanah, maka diberikan kesempatan kepada ketua, sekretaris, dan salah satu anggota kelompok tani untuk menganalisis tanah mereka sendiri.

Hasil analisis kesuburan tanah oleh petani di kebun untuk demonstrasi plot penanaman sayuran dengan pendekatan eko-teknologi menggunakan biofertilizer non-mikroba disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan tiap peserta

Tabel 1 Hasil analisis kesuburan tanah oleh petani di tiap kebun demplot

Parameter	Kebun demplot		
	PZ	IF	PN
<i>Bulk density</i> (g/cm ³)	1,2994	1,791	2,1500
Kadar air tanah (g/g)	50,9647	0,060	0,1051
Porositas (%)	171,5663	32,120	18,915
Total ruang pori (%)	0,0455	8,690	199,8177
Volume air (cm ³)	372,8565	0,095	25,6368
pH	5–6 (agak masam)	4–5 (masam)	5–6 (agak masam)
C-organik	Rendah	Rendah	Rendah
P	Rendah	Rendah	Rendah
K	Tinggi	Tinggi	Tinggi

direkomendasikan untuk melakukan pemberian biofertilizer non-mikroba ke dalam tanah kebun mereka masing-masing. Nilai *bulk density* tanah untuk tiap kebun lebih dari 1,2 g/cm³, ini berarti tanah kebun relatif padat. Kepadatan paling tinggi secara berurutan di kebun PN, BF, dan PZ. Petani dengan pendampingan dari tim pelaksana menghitung berat tanah berdasarkan *bulk density* untuk penentuan kebutuhan biofertilizer non-mikroba (biochar dan kompos) yang ditambahkan ke dalam tanah di kebun masing-masing.

Jumlah biofertilizer-non mikroba yang diberikan ke dalam tiap tanah kebun dihitung berdasarkan berat tanah tiap kebun. Jumlah biochar atau kompos sebanyak 5% dari berat tanah. Contoh, berat tanah dari kebun sayur Ibu Febri seluas 1 are (10 x 10 m) dengan kedalaman lapisan tanah 15 cm dihitung terlebih dahulu volumenya, sebagai berikut: 1000 x 1000 x 15 cm = 15.000.000 cm³. Selanjutnya dihitung berat tanah menggunakan formula: volume tanah x nilai *bulk density*. Pada Tabel 1 nilai *bulk density* tanah kebun BF adalah 1,791 g/cm³, maka berat tanah 1 are adalah 15.000.000 cm³ x 1,791 g/cm³ = 26.865.000 g atau 26.865 kg/are. Maka jumlah biochar yang ditambahkan ke dalam tanah adalah 5% x 26.865 kg/are = 1.343 kg biochar/are. Sebanyak 1.343 kg biochar telah halus dihambur secara merata di atas permukaan tanah yang telah diolah, dicampur hingga merata.

Pelatihan dan Pendampingan Pembuatan Biochar Limbah Padat Organik

Bahan baku pembuatan biochar yang tersedia di lokasi kegiatan PKM berupa limbah mebel yang terdiri dari serutan kayu dan sisa potongan kayu, termasuk potongan kayu dari kegiatan pembersihan lahan. Tahapan pembuatan biochar adalah: 1) Pesiapan pembuatan pirolisator memproduksi biochar oleh petani mitra; 2) Uji coba pirolisator dari drum bekas; 3) Demplot

pembuatan biochar limbah kayu dari bangsal mebel; 4) Pelatihan dan pendampingan pembuatan biochar dari serutan kayu dibangsal mebel; dan 5) Pelatihan dan pendampingan demplot pembuatan biochar dari kayu limbah pembersihan kebun.

Pelaksana kegiatan PKM memfasilitasi penyediaan drum bekas, pipa silinder yang diperoleh dari pemulung, ram kawat, dan bahan las. Kelompok tani menyediakan peralatan las, gurinda, dan bor listrik. Pelaksana kegiatan PKM memberikan *link video youtube* tentang pembuatan *retort* sederhana drum bekas untuk pirolisator. Pengalaman melalui menonton video, kelompok tani melakukan pembuatan drum pirolisator. Drum pirolisator dihasilkan oleh ketua kelompok tani disajikan dalam Gambar 4a. Gambar 4b memperlihatkan uji coba drum pirolisator yang telah dibuat untuk memproduksi biochar dari potongan kayu. Gambar 4c memperlihatkan kegiatan evaluasi kinerja drum pirolisator di bawah pendampingan tim pelaksana PKM.

Evaluasi kinerja menemukan sejumlah kelemahan dari pirolisator, yaitu potongan dan serutan kayu hanya sebagian kecil terkonversi menjadi biochar. Solusinya, memperbaiki kinerja dari pirolisator, dengan menambahkan lubang kecil pada bagian dasar drum, memotong pipa silinder cerobong dari dasar drum sampai permukaan drum. Struktur baru pirolisator, pipa silinder diletakkan di atas permukaan penutup dan dilas menyatu dengan penutup drum tersebut. Selain itu, juga dilakukan perubahan terhadap prosedur pembakaran potongan kayu dan serutan kayu dengan langkah-langkah berikut: i) Potongan atau serutan kayu telah kering dimasukkan ke dalam pirolisator dan dibakar hingga api menyala dengan baik; ii) Jika hampir seluruh permukaan material terbakar dan menjadi arang ditambahkan material dan dibiarkan sampai permukaan material baru



Gambar 4 a) Pembuatan pirolisator dari drum bekas untuk memproduksi biochar; b) Salah satu anggota KT mendemonstrasikan pembuatan biochar limbah pembuatan mebel; dan c) Tim PKM bersama petani mitra mendemonstrasikan pembuatan biochar menggunakan pirolisator produk anggota KT.

terbakar dan menjadi arang; iii) Proses dalam tahap kedua dilakukan secara terus menerus sampai material mengisi seluruh drum; iv) Material terakhir yang ditambahkan telah terbakar dan menjadi arang, dapat dilakukan dua kemungkinan mengeluarkan seluruh material yang telah menjadi arang dan sesegera mungkin disirami air sampai semua bara api yang tersimpan dalam material padam atau permukaan drum ditutup rapat menggunakan penutup yang dilengkapi cerobong asap dari pipa silinder dan dibiarkan hingga seluruh asap berhenti keluar dari dalam drum. Selanjutnya, penutup dibuka dan seluruh material dikeluarkan dari dalam drum, sesegera mungkin disirami air hingga seluruh bara api tersimpan dalam material. Waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu mengkonversi satu drum bahan baku (*feedstock*) menjadi biochar berkisar 4–6 jam.

Drum pirolisator dan prosedur pembuatan biochar yang telah terkoreksi tersebut diimplementasi untuk konversi limbah kerajinan mebel PA (mitra dalam kegiatan PKM ini). Limbah potongan kayu kerajinan mebel dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam drum pirolisator. Material dibakar mengikuti prosedur terkoreksi i–iv. Material potongan kayu yang telah berubah menjadi arang dikeluarkan dari dalam drum dan disiram air. Seluruh materi biochar dari limbah potongan kayu kegiatan mebel dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam karung. Selanjutnya, biochar dihaluskan menggunakan mesin penggiling.

Limbah serutan kayu dari kegiatan mebel menjadi sumber *feedstock* potensial dalam proses pembuatan biochar. Pelatihan dan pendampingan pemanfaatan limbah serutan kayu dengan cara demonstrasi bersama pelaksana PKM dengan pemilik mebel mitra dan kelompok

tani Nanga-Nanga Makmur. Pelatihan dan pendampingan pemanfaatan potongan kayu hasil pembersihan lahan kebun petani dengan cara demonstrasi bersama pelaksana PKM dengan petani pemilik kebun. Hasil pelatihan dan pendampingan ditunjukkan melalui potongan kayu dari kebun petani berukuran 10–15 cm yang siap dibakar dalam drum pirolisator yang dibuat kelompok tani Nanga-Nanga Makmur. Limbah potongan potongan kayu hasil pembersihan lahan petani. Pembakaran dalam drum pirolisator untuk sekali produksi dengan potongan kayu *feedstock* mencapai penuh drum kapasitas 200 liter. Setelah 4–6 jam pembakaran, biochar dikeluarkan dari dalam drum dan langsung disirami air kran hingga semua bara api dalam biochar padam. Biochar dikeringkan dibawah sinar matahari hingga kandungan air biochar hilang. Biochar telah kering dihaluskan menggunakan mesin penggiling dengan ukuran penyaring < 0,5 mm per pori lubang (Gambar 5). Biochar telah halus disimpan dalam wadah pada tempat yang terhindar dari percikan atau genangan air hingga diaplikasi ke tanah kebun.

Pembuatan *Compost Tea*

Pelatihan pembuatan *compost tea* dilakukan kepada petani anggota KT Nanga-Nanga Makmur yang kebunnya telah ditetapkan sebagai area demonstrasi plot. *Compost tea* adalah ekstrak cair dari kompos yang diperoleh melalui fermentasi dalam fase cair yang dilaksanakan dengan dan tanpa aerasi (Martin *et al.* 2012; Pane *et al.* 2012). Dalam *compost tea* mengandung N, P, K, Ca dan Mg tersedia, asam humat, bakteri pemfiksasi nitrogen, aktinobakter, total fungi, total bakteri, *Trichoderma spp.*, *Bacillus*, *Ochrobactrum*, dan *Spingomonas* (Kim *et al.* 2015; González-Hernández *et al.* 2021). Bakteri dan fungi yang hidup dalam *compost tea* tergolong mikro-



Gambar 5 Pelatihan dan pendampingan pembuatan biochar dari serutan kayu: a) Penyiapan serutan kayu dan drum pirolisator; b) Serutan kayu dimasukkan dalam pirolisator sampai volume drum dan siap dibakar; c) Produk biochar dari serutan kayu; dan d) Kemasan produk biochar dari serutan kayu.

organisma yang memainkan peran penting dalam dekomposisi bahan organik (Bani *et al.* 2019).

Petani mitra dilatih membuat *compost tea* berbahan kotoran segar sapi, bonggol pisang, gula aren, sari tebu, dan air cucian beras. Bonggol pisang dipotong-potong ke dalam ukuran 1–2 cm. Siapkan ember bekas cat tembok ukuran 25 kg dengan ukuran sekitar volume 20 L. Air cucian beras dimasukkan ke dalam ember bekas tempat cat tembok sebanyak 5 L, ditambahkan ekstrak cair (air sari) tebu sebanyak 5 L dan diaduk menggunakan kayu. Campurkan satu onggokan feses segar sapi ke dalam ember tersebut dan diaduk sambil ditambahkan air cucian beras hingga volume mencapai $\frac{3}{4}$ volume ember. Permukaan ember ditutup rapat menggunakan plastik. Pada permukaan penutup dibuat lubang kecil untuk memasukkan selang kecil yang menghubungkan ruang dalam ember dengan air kran dalam botol bekas air mineral volume 800 mL. Setiap dua hari sekali dilakukan pengadukan terhadap campuran dalam ember. Penggantian air dalam botol air mineral dilakukan jika airnya kelihatan keruh. Fermentasi dilakukan sampai campuran dalam ember melepaskan aroma alkohol (Fermin *et al.* 2020). *Compost tea* dari hasil pengomposan disaring menggunakan penyaring tepung (Gambar 6). *Compost tea* dimasukkan ke dalam wadah untuk digunakan sebagai mikroorganisme dekomposer dalam pembuatan kompos dan aplikasi ke tanah.

Pembuatan Kompos dari Limbah Pengrajin Mebel

Limbah padat kegiatan mebel berupa serutan kayu dan serbuk gergaji yang terdapat di kegiatan mebel mitra tersusun atas campuran beragam jenis kayu. Komposisi kimia dari serutan dan serbuk gergaji tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Ahmed *et al.* 2020). Senyawa kompleks didegradasi dengan bantuan mikroorganisme pendegradasi (López-Modéjar *et al.* 2016). Pada kegiatan PKM ini

digunakan *compost tea* yang dihasilkan selama pelatihan sebagai sumber mikroorganisme dekomposer atau pupuk cair. Pelatihan dimulai dengan mengumpulkan sebanyak 20 karung (ukuran 50 kg) limbah campuran serutan kayu dan serbuk gergaji yang telah lama tertimbun. Sebanyak 10 karung (ukuran 50 kg) limbah sayur kol dikumpulkan dari Pasar Baruga Kota Kendari. Limbah sayur kol dipotong-potong ke dalam ukuran kecil (3–5 cm). Limbah serutan kayu ditebar di atas permukaan terpal plastik ukuran besar (5 x 6m). Potongan-potongan kayu disingkirkan dari serutan kayu. Potongan-potongan daun kol ditebar secara merata pada permukaan serutan kayu dan dicampur merata menggunakan cangkul dan skop secara hati-hati untuk menghindari terpal tidak sobek. Kemudian campuran disiram *compost tea*, air cucian beras, dan urea (1 L:4 L:10 g) sambil diaduk hingga semua bagian campuran menjadi lembab, dan campuran ditutup rapat. Setiap minggu campuran diaduk dan ditambahkan campuran *compost tea* dan air cucian beras (1:4). Proses fermentasi diakhiri saat temperatur stabil (dingin), bau tidak enak (seperti bau feses) menghilang, dan telah tumbuh semacam hifa yang nampak seperti benang-benang putih dalam kompos. Kompos siap digunakan sebagai biofertilizer-non mikroba.

Aplikasi Biofertilizer Non-mikroba pada Tanaman Sayuran

Biochar, kompos, dan *compost tea* digunakan sebagai biofertilizer non-mikroba untuk tanaman sayuran. Kegiatan ini diawali dengan penyiapan media tumbuh yang tersusun atas campuran biochar dan tanah lolos saring dari waring hitam untuk pagar kebun. Berdasarkan *bulk density* tanah, perbandingan biochar yang telah dihaluskan dan tanah lolos ayakan adalah 1:10 (v/v). Tanah dan biochar dicampur menggunakan bantuan skop dan diayak menggunakan pengayak dari waring untuk pagar kebun dengan

ukuran ± 4 mm/lubang untuk mendapatkan campuran relatif homogen. Campuran ini digunakan untuk media pesemaian benih dan pembibitan tanama cabai dan terung. Untuk media pembibitan, campuran dimasukkan ke dalam polibag ukuran 15 x 16cm. Pembuatan campuran biochar dan tanah dari perakaran tumbuhan hasil kegiatan pembersihan lahan untuk media pesemaian dan pembibitan disajikan pada Gambar 7.

Kebun untuk melaksanakan demplot aplikasi biofertilizer-non mikroba yang ditentukan oleh pengurus KT Nanga-Nanga Makmur, yakni kebun PN dan kebun PZ. Kegiatan aplikasi biofertilizer non-mikroba yang meliputi biochar, kompos, dan *compost tea* diawali dengan pengolahan tanah. Pengolahan tanah menggunakan traktor dengan dua kali pengolahan. Pengolahan pertama menggunakan pisau pembelah bongkahan tanah sampai sedalam 15–20 cm dari permukaan

tanah, dilanjutkan pengolahan kedua menggunakan pisau penghancur bongkahan tanah. Tanah yang telah diolah kedua dibuat bedeng ukuran panjang 10–22 m, lebar 1 m, dan tinggi 15–20 cm menggunakan bantuan cangkul dan sekop. Berdasarkan *bulk density* tanah di tiap kebun demplot, ditabur kompos atau biochar. Jumlah kompos yang ditabur di kebun PZ sebanyak 2 karung (ukuran 50 kg) per bedeng ukuran panjang 20 m. Jumlah kompos yang ditabur di kebun PN sebanyak 2 karung (ukuran 50 kg) per bedeng ukuran panjang 20 m. Kompos atau biochar dicampur dengan partikel tanah dalam tiap bedeng menggunakan *hand traktor* hingga merata. Tanah telah tercampur kompos atau biochar diaplikasi *compost tea* dengan komposisi seperti dalam pembuatan kompos di atas. Jumlah *compost tea* yang diberikan sebanyak 5 liter per bedeng ukuran 20 m x 1 m. Sehari setelah aplikasi *compost tea* diaplikasi



Gambar 6 Pelatihan pembuatan kompos dari limbah pembuatan mebel: a) Pemotongan limbah daun kol; b) Pencampuran serut kayu dan serbuk gergaji di atas terpal; c) Pencampuran potongan daun kol dengan serutan dan serbuk gergaji; d) Penyiraman campuran bahan dengan *compost tea*, air cucian beras, dan urea, untuk difermentasi; e) Bahan kompos diaduk dan ditambahkan *compost tea* dan air cucian beras tiap minggu; dan f) Hasil produk kompos.



Gambar 7 Aplikasi biochar (biofertilizer non-mikroba) ke tanah media tanam untuk pesemaian benih dan pembibitan tanaman sayuran: a) Pengayakan campuran tanah dengan biochar dan kompos; b) Pemasukan campuran tanah lolos saringan 4 mm ke dalam polybag untuk pembibitan; c) Penyemaian benih tanaman sayuran; dan d) Pemeliharaan bibit tanaman sayuran.

pupuk urea, SP36 dan KCl dengan dosis tiap bedeng sebanyak 120 g tiap pupuk yang diberikan secara larikan di bagian tengah bedengan sedalam 10 cm dari permukaan tanah. Lubang laring ditutup menggunakan tanah. Selanjutnya, tiap bedeng diberi mulsa plastik dan dibiarkan selama seminggu.

Selanjutnya, dibuat lubang tanam menggunakan alat bantu yang dibuat dari pipa paralon diameter 7 cm dengan jangkauan kedalaman 10 cm dari permukaan tanah. Jarak antara lubang dalam tiap bedeng dibuat dengan ukuran 60 x 70 cm. Bibit cabai atau terung setelah berumur 21 hari atau memiliki 3–4 helai daun permanen dipindahtanam ke tiap lubang tanam. Saat penanaman, kondisi cuaca sangat terik, untuk itu bibit tanaman dinaungi menggunakan pelepah pisang. Pada dua minggu setelah transplantasi dilakukan aplikasi biochar sebanyak 20 g tiap tanaman dan diaplikasi larutan pupuk NPK (16:16:16), *compost tea* melalui daun dan pupuk NPK (16:16:16) dan tanaman dipelihara sampai panen. Penyiapan lubang tanam dan penanaman bibit ke tiap lubang tanam dan aplikasi *compost tea* ke tanaman, panen cabai dan hasil panen terung disajikan pada Gambar 8.

Permasalahan dan Penanganannya Selama Pemeliharaan Tanaman

Selama pemeliharaan tanaman terus dilakukan pendampingan untuk memonitor gulma, dan serangan hama. Selama periode tumbuh menurut catatan Badan Meteorologi dan Geofisika stasiun Ranomeeto, Kendari bahwa curah hujan di area kegiatan relatif tinggi di atas

250 mm/bulan dengan frekuensi hari hujan tinggi selama Juli–September 2021. Akibatnya, pemberantasan atau pengendalian gulma sulit dilakukan periode waktu tersebut. Pengendalian gulma secara manual dilaksanakan pada awal Oktober 2021. Pengalaman pengendalian gulma secara manual yang dilakukan oleh petani menemukan, tanaman yang gulmanya dihilangkan tiba-tiba mengalami kematian. Akibatnya, gulma yang tumbuh di bedeng lainnya tetap dipertahankan. Kematian tanaman yang terjadi dilakukan monitoring dan evaluasi oleh tim pelaksana PKM. Dalam kegiatan monitoring ini melibatkan mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo peserta mata kuliah Teknologi Produksi Lahan Sub-Optimal dan Ekologi Pertanian pada semester ganjil tahun akademik 2021/2022. Monitoring kematian sejumlah tanaman, khususnya terung di demplot kebun salah satu anggota KT dilakukan dengan mengambil tanah dan akar tanaman yang mengalami kematian dan diekstrak menggunakan teknik Baerman funnel di laboratorium Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo. Pengamatan di bawah mikroskop menemukan nematoda dominan adalah kelompok nematoda dengan karakter sebagai pemakan akar (Cesarz *et al.* 2015).

Penanganan masalah dilakukan dengan cara mencabut seluruh tanaman terserang, melakukan penyemprotan tanah dengan ekstrak daun patiwala, *Lantana camara* L. (Muhlizhin *et al.* 2018) di lubang tanam bekas tanaman terserang dan semua tanaman lainnya.



Gambar 8 a) Pembuatan lubang tanam; b) Bubuk biochar dan pupuk NPK diaplikasi ke tanah sekitar tanaman; c) Aplikasi *compost tea* dan larutan pupuk NPK; d) Aplikasi *compost tea* dan larutan pupuk NPK melalui daun; e) Panen pertama cabai; f) Terung siap panen pertama.

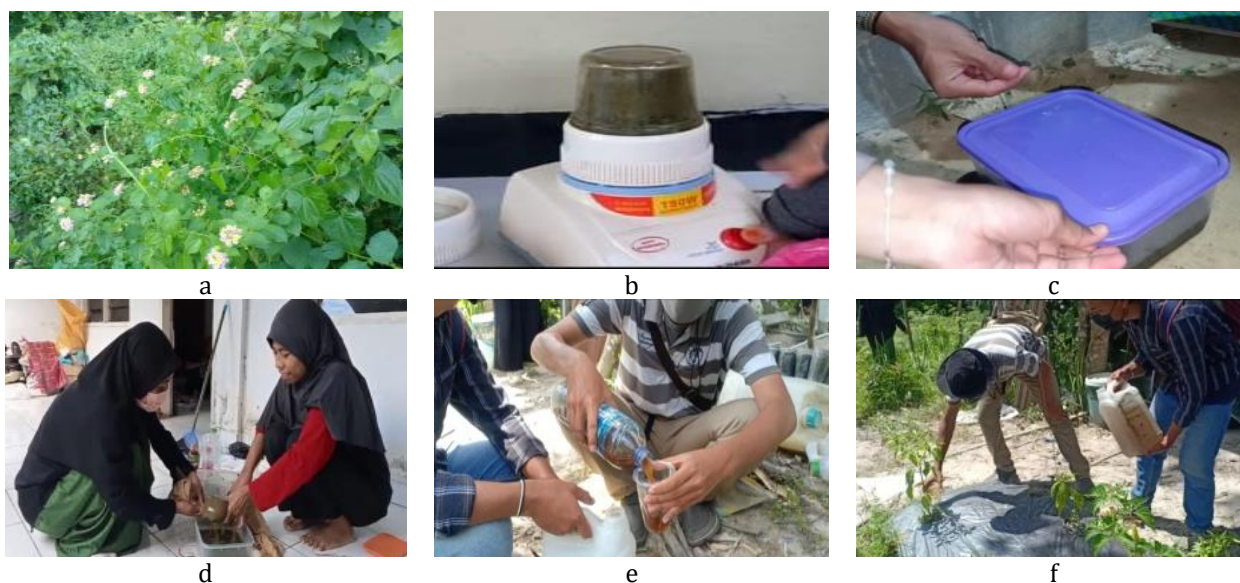
Pembuatan ekstrak dan aplikasi ekstrak daun patiwala konsentrasi 3% ke tanah zona akar tanaman volume 500 per tanaman disajikan pada Gambar 9.

Beberapa tanaman cabai di kebun PZ mengalami buah gugur. Dilakukan monitoring terhadap serangga, pengamatan buah gugur dan buah cabai yang mengalami kerusakan. Pengamatan buah gugur dan rusak dilakukan dengan membedah buah dan ditemukan larva dalam buah tersebut. Penanganan masalahnya dilakukan dengan memasang perangkap lalat buah dengan bahan penarik petrogenol (Hasyim *et al.* 2010) dan buah matang pisang manis yang mengacu kepada metode dari Birmingham *et al.* (2008).

Pengendalian serangga lainnya dilakukan menggunakan bioinsektisida non-mikroba dari ekstrak biji jarak pagar (Patent CN 102246826A). Kegiatan dimulai dengan mengumpulkan buah jarak pagar telah matang dan biji dipisahkan dari kulitnya. Biji dimasukkan ke dalam oven suhu 95°C selama 3 jam. Daging biji dipisahkan dari cangkangnya, daging biji dihancurkan menggunakan blender dapur hingga mengeluarkan minyak dan diekstrak menggunakan alkohol 70% teknis. Ekstrak diencerkan menggunakan air dan diaplikasi ke tanaman menggunakan *hand sprayer* kecil.

SIMPULAN

Kegiatan PKM ini menambah wawasan pengetahuan kelompok mitra tentang teknik memanfaatkan limbah padat dan cair organik dalam pengelolaan limbah menjadi produk bermanfaat dalam pengelolaan berkelanjutan kesuburan tanah dan hasil tanaman sayuran. Melalui kegiatan PKM ini, mitra mampu mengelola limbah pembuatan mebel menjadi biochar yang bermanfaat bagi petani dan dampaknya mengurangi timbunan limbah padat aktivitas pembuatan mebel. Petani terampil dan terlatih dalam melakukan analisis kesuburan tanah secara mandiri menggunakan KIT analisis tanah, memproduksi bochar, *compost tea* dan pembuatan kompos dengan memanfaatkan sumberdaya organik sebagai biofertilizer non-mikroba. Anggota kelompok tani memiliki pengetahuan dalam menentukan kebutuhan pupuk organik (biofertilizer non-mikroba) berdasarkan hasil analisa mandiri kesuburan tanah kebunnya. Anggota kelompok tani telah mampu dan terampil mengaplikasikan biofertilizer ke tanah dan tanaman. Anggota kelompok tani telah memiliki pengetahuan tentang biota tanah penyebab kematian tanaman dan serangga hama penyerang buah cabai, serta



Gambar 9 Pembuatan ekstrak dan aplikasi ekstrak daun patiwala (*Lantana camara* L.) di kebun petani: a) Daun *L. camara*; b) Daun *L. camara* dihaluskan menggunakan blender; c) Ekstraksi senyawa aktif dalam bubuk daun dengan pelarut alkohol 70%; d) Pemisahan ekstrak dari residu; e) Persiapan aplikasi ekstrak; dan f Aplikasi ekstrak ke tanah sekitar zona perakaran tanaman.

pengetahuan penanangannya tanpa menggunakan pestisida kimia.

Rekomendasi yang diusulkan kepada Pemerintah Kota Kendari baik pada tingkat kelurahan, kecamatan, dinas lingkungan hidup, dan dinas pertanian, kegiatan PKM ini dapat menjadi salah satu strategi menangani limbah padat organik sebagai biofertilizer non-mikroba dan pengembangan pertanian kota melalui pendekatan eko-teknologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah mendanai kegiatan pengabdian melalui DIPA Nomor: SP-DIPA-042.06.1.401516/2021. Juga kepada kelompok masyarakat mitra, mahasiswa Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, dan siapa saja yang telah membantu kegiatan kami di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed A, Abu Bakar MS, Sukri RS, Hussain M, Farooq A, Moogi S, Park YK. 2020. Sawdust pyrolysis from the furniture industry in an auger pyrolysis reactor system for biochar and bio-oil production. *Energy Conversion and Management*. 226: 113502. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113502>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Kecamatan Kambu Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik Kota Kendari.
- Bani A, Borruso L, Nicholass KJM, Bardelli T, Polo A, Pioli S, Gómez-Brandón M, Insam H, Dumbrell AJ, Brusetti L. 2019. Site-Specific microbial decomposer communities do not imply faster decomposition: results from a litter transplantation experiment. *Microorganisms*. 7: 349. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7090349>
- Birmingham A, Andreller IS, Kovacks E, Lafontaine JP, Avelino N, Gries GJ, Vaudry AL, Borden JH. 2008. Method and composition for attracting fruit flies to traps. *Patent EP 2124536A1*.
- Cesarz S, Reich PB, Scheu S, Ruess L, Schaefer M, Eisenhauer N. 2015. Nematode functional guilds, not trophic groups, reflect shift in soil food webs and processes in response to interacting global change factors. *Pedobiologia*. 58(1): 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2015.01.001>
- Fermin U, Purwanti RE, Kilowasid LMH, Nuraida W, Handayani FD, Mudi L. 2020. Penerapan zero waste di pemukiman warga sekitar tempat pembuangan akhir sampah di Kecamatan Puuwatu, Kendari. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. 6(1): 1–7. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.6.1.1-7>
- González-Hernández AI, Suárez-Fernández MB, Pérez-Sánchez R, Gómez-Sánchez MA, Morales-Corts MR. 2021. Compost tea induces growth and resistance against *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora capsici* in pepper. *Agronomy*. 11: 781. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040781>
- Haddaway NR, McConville J, Piniewski M. 2018. How is the term ‘ecotechnology’ used in the research literature? A systematic review with thematic synthesis. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 18(3): 247–261. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.06.008>
- Hasyim A, Boy A, Hilman Y. 2010. Respons hama lalat buah jantan terhadap beberapa jenis atraktan dan warna perangkap di kebun petani. *Jurnal Hortikultura*. 20(2): 164–170.
- Kilowasid LMH, Sanjaya MF, Rakian TC, Alam S, Djafar MK, Muliddin. 2020. Vermicast of earthworm as ecosystem engineers within different vermireactor shape. *Journal of Tropical Soils*. 25(2):83–92. <https://doi.org/10.5400/jts.2020.v25i2.83-92>
- Kim MJ, Shim CK, Kim YK, Hong SJ, Park JH, Han EJ, Kim JH, Kim SH. 2015. Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *The Plant Pathology Journal*. 31(3): 259–268. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.02.2015.0024>
- López-Mondéjar, R., D Zühlke, D Becher, K Riedel, P Baldrian. 2016. Cellulose and hemicellulose decomposition by forest soil bacteria proceeds by the action of structurally variable enzymatic systems. *Scientific Reports*. 6: 25279. <https://doi.org/10.1038/srep25279>
- Macura B, Piniewski M, Księżniak M, Osuch P,

- Haddaway NR, Ek F, Andersson K, Tattari S. 2019. Effectiveness of ecotechnologies in agriculture for the recovery and reuse of carbon and nutrients in the Baltic and boreo-temperate regions: a systematic map. *Environmental Evidence*. 8: 39. <https://doi.org/10.1186/s13750-019-0183-1>
- Martin CCG St, Dorinvil W, Brathwaite RAI, Ramsubhag A. 2012. Effects and relationships of compost type, aeration and brewing time on compost tea properties, efficacy against *Phytium ultimum*, phytotoxicity and potential as a nutrient amendment for seedling production. *Biological Agriculture & Horticulture*. 28(3): 185–205. <https://doi.org/10.1080/01448765.2012.727667>
- Muhlizhin R, Sudianto UK, Andryan R, Kilowasid LMH. 2018. Ekstrak Patiwalala untuk Mencegah Serangan Nematoda pada Akar Tanaman Tomat Lokal Muna. Laporan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM)-Penelitian Eksata, Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional, Universitas Negeri Yogyakarta (tidak dipublikasi), 24 halaman.
- Pane C, Celano G, Vilecco D, Zaccardelli M. 2012. Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternate* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. *Crop Protection*. 38: 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.012>
- Pingali PL. 2012. Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. *PNAS*. 109 (31): 12302–12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
- Samal PK, Lodhi EMS, Arya SC, Sundriyal RC, Dhyani PP. 2016. Eco-technologies for agricultural and rural livelihoods in North East India. *Current Science*. 111(12): 1929–1935. <https://doi.org/10.18520/cs/v111/i12/1929-1935>
- Taridala SA, Wianti NI, Arsyad M, Ekaputri AS. 2018. A contrast among farmers' ethnic groups: isthis a social polarization tendency? *E3S Web of Confernces*. 52: 00044. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185200044>
- Tittonell P, Giller KE. 2013. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Research*. 143: 76–90. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.10.007>