



PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR (POC) DARI LIMBAH RUMAH TANGGA SEBAGAI SOLUSI RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PERTANIAN BERKELANJUTAN PADA DESA KLURAK CANDI SIDOARJO

Abdurrachman Alkatiri^{1*}, Rukmining Tias Niken Handayani², Octri Rosa³, Muhammad Aditya Bahrana⁴, Dewi Puspa Arum⁵

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

*E-mail: alkatiriamang@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dalam rangka Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Klurak, Candi, Sidoarjo yang bertujuan untuk mengembangkan metode pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari limbah rumah tangga dan sisa makanan sebagai solusi pengelolaan limbah dan alternatif pupuk kimia. Metode yang digunakan adalah fermentasi anaerob dengan memanfaatkan limbah organik dari over produksi limbah rumah tangga seperti sisa makanan dan abhan masakan. Penelitian ini dilaksanakan selama 2 minggu, meliputi observasi, praktik lapang, dan analisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa POC yang dihasilkan memiliki kandungan nutrisi yang baik untuk pertumbuhan tanaman di sawah. Penggunaan POC ini terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan kesuburan tanah di persawahan. Kesimpulannya, pembuatan POC dari limbah rumah tangga merupakan solusi yang ekonomis dan ramah lingkungan untuk mendukung pertanian berkelanjutan, sekaligus mengatasi masalah pengelolaan limbah di Desa Klurak.

Kata kunci: Limbah, POC, Pertanian berkelanjutan

PRODUCTION OF LIQUID ORGANIC FERTILIZER (POC) FROM HOUSEHOLD WASTE AS AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SOLUTION FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE IN KLURAK CANDI VILLAGE, SIDOARJO

ABSTRACT

This research was carried out in the context of a Real Work Lecture (KKN) in Klurak Village, Candi, Sidoarjo which aims to develop a method for making Liquid Organic Fertilizer (POC) from household waste and food waste as a solution for waste management and an alternative to chemical fertilizers. The method used is anaerobic fermentation by utilizing organic waste from over-production of household waste such as food waste and cooking waste. This research was carried out for 2 weeks, including observation, field practice and data analysis. The results of the research show that the POC produced has good nutritional content for plant growth in rice fields. The use of POC has proven effective in increasing plant growth and soil fertility in rice fields. In conclusion, making POC from household waste is an economical and environmentally friendly solution to support sustainable agriculture, as well as overcome waste management problems in Klurak Village.

Keywords: POC, Sustainable agriculture, Waste

PENDAHULUAN

Pertanian modern telah membawa kemajuan signifikan dalam produksi pangan global, namun juga menimbulkan tantangan baru yang perlu diatasi. Salah satu masalah utama yang dihadapi sektor pertanian saat ini adalah penggunaan pupuk kimia yang berlebihan. Praktek ini, meskipun dapat meningkatkan hasil panen dalam jangka pendek, telah terbukti menyebabkan degradasi kualitas tanah dan pencemaran lingkungan yang serius. Tanah yang telah kehilangan kesuburannya akibat penggunaan pupuk kimia yang intensif menjadi kurang produktif, mengurangi efisiensi pertanian, dan pada akhirnya mengancam ketahanan pangan jangka panjang. Selain itu, pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limpasan pupuk kimia ke sumber air dan ekosistem sekitarnya telah menimbulkan masalah ekologis yang kompleks. Eutrofikasi badan air, penurunan keanekaragaman hayati, dan kontaminasi air tanah adalah beberapa konsekuensi negatif yang sering dikaitkan dengan penggunaan



pupuk kimia yang tidak terkontrol. Menghadapi realitas ini, para petani, ilmuwan, dan pemangku kepentingan di sektor pertanian mulai mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Dalam konteks ini, Pupuk Organik Cair (POC) dari limbah organik muncul sebagai solusi yang menjanjikan. POC tidak hanya menawarkan cara untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, tetapi juga memberikan pendekatan holistik terhadap pengelolaan limbah pertanian dan peternakan. Dengan memanfaatkan limbah organik sebagai bahan baku, POC membantu mengatasi dua masalah sekaligus: pengelolaan limbah dan penyediaan nutrisi tanaman. Proses pembuatan POC melibatkan fermentasi bahan organik yang menghasilkan cairan kaya nutrisi yang dapat diserap dengan mudah oleh tanaman. Berbeda dengan pupuk kimia yang sering kali menyediakan nutrisi dalam bentuk yang mudah terurai dan mudah hilang dari tanah, POC melepaskan nutrisi secara perlahan dan berkelanjutan. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman, tetapi juga membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang menguntungkan di dalam tanah. Salah satu contoh penerapan konsep POC dalam skala lokal dapat dilihat di Agroeduwisata Attaqie Farm di Tuban, Jawa Timur. Attaqie Farm menghadapi tantangan yang umum dijumpai di banyak usaha pertanian dan peternakan terpadu: pengelolaan limbah. Dengan rata-rata produksi belimbing mencapai 50 ton, farm ini sering mengalami kelebihan produksi yang menyebabkan sebagian buah membusuk. Di sisi lain, peternakan kambing yang dikelola menghasilkan sekitar 20 kg kotoran setiap hari. Kedua jenis limbah ini, jika tidak dikelola dengan baik, berpotensi mencemari lingkungan dan menimbulkan masalah kesehatan masyarakat.

Menyadari potensi dan risiko yang ada, Attaqie Farm mengambil langkah proaktif dengan menerapkan pengolahan limbah kotoran kambing menjadi pupuk organik dan limbah buah belimbing menjadi bioaktivator. Pendekatan inovatif ini tidak hanya mengatasi masalah lingkungan tetapi juga menciptakan nilai tambah melalui produksi pupuk organik yang dapat digunakan kembali di perkebunan belimbing, mendukung siklus pertanian organik yang berkelanjutan. Inisiatif Attaqie Farm mencerminkan pergeseran paradigma yang lebih luas dalam sektor pertanian global. Semakin banyak petani dan produsen pangan yang menyadari pentingnya praktik pertanian regeneratif yang tidak hanya fokus pada hasil panen, tetapi juga pada kesehatan tanah dan ekosistem secara keseluruhan. Penggunaan POC adalah salah satu komponen kunci dalam pendekatan ini, memungkinkan petani untuk mengurangi ketergantungan pada input eksternal sambil meningkatkan kesuburan tanah secara alami.

Dalam konteks akademis, penelitian tentang pengembangan dan aplikasi POC menjadi semakin relevan. Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) yang melibatkan mahasiswa dalam proyek-proyek praktis seperti di Attaqie Farm menawarkan peluang berharga untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik. Melalui keterlibatan langsung dalam proses pembuatan dan pengujian POC, mahasiswa dapat mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang siklus nutrisi, mikrobiologi tanah, dan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan. Penelitian yang dilakukan sebagai bagian dari KKN di Desa Klurak, Candi, Sidoarjo memiliki beberapa tujuan spesifik yang saling terkait. Pertama, pengembangan metode pembuatan POC dari limbah rumah tangga dan sisa makanan. Proses ini melibatkan optimasi rasio bahan baku, kondisi fermentasi, dan teknik ekstraksi untuk menghasilkan POC dengan kualitas terbaik. Eksperimentasi dengan berbagai formulasi dapat memberikan wawasan berharga tentang bagaimana memaksimalkan nilai nutrisi dari limbah yang tersedia. Kedua, analisis kandungan nutrisi POC yang dihasilkan merupakan langkah penting untuk memahami potensi dan keterbatasan produk. Pengujian laboratorium yang komprehensif dapat mengungkapkan konsentrasi makronutrien seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta mikronutrien penting lainnya. Informasi ini tidak hanya penting untuk memastikan efektivitas POC sebagai pupuk, tetapi juga untuk menyesuaikan aplikasinya dengan kebutuhan spesifik tanaman belimbing. Tujuan ketiga, yaitu menguji efektivitas POC terhadap pertumbuhan tanaman belimbing, merupakan langkah krusial dalam memvalidasi manfaat praktis dari produk yang dikembangkan. Studi lapangan yang membandingkan pertumbuhan, kesehatan, dan produktivitas tanaman belimbing yang diberi POC dengan yang menggunakan pupuk konvensional dapat memberikan bukti konkret tentang keunggulan atau kekurangan relatif dari pendekatan organik ini. Terakhir, evaluasi potensi penggunaan POC sebagai solusi pengelolaan limbah di Desa Klurak, Candi, Sidoarjo mencakup analisis yang lebih luas tentang dampak ekonomi dan lingkungan dari implementasi sistem ini. Hal ini melibatkan penilaian



terhadap pengurangan biaya pembuangan limbah, potensi pendapatan dari penjualan POC, serta manfaat tidak langsung seperti peningkatan kesuburan tanah dan pengurangan pencemaran lingkungan.

Penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan praktik pertanian berkelanjutan di Desa Klurak, Candi, Sidoarjo. Dengan mendemonstrasikan kelayakan teknis dan ekonomi dari produksi dan penggunaan POC, studi ini dapat menyediakan model yang dapat direplikasi oleh usaha pertanian lain yang menghadapi tantangan serupa dalam pengelolaan limbah dan kesuburan tanah. Dari perspektif pendidikan, keterlibatan mahasiswa dalam proyek penelitian ini memberikan pengalaman belajar yang tak ternilai. Mahasiswa tidak hanya mendapatkan kesempatan untuk mengaplikasikan pengetahuan teoritis yang diperoleh di kelas, tetapi juga mengembangkan keterampilan praktis dalam desain eksperimen, pengumpulan dan analisis data, serta komunikasi ilmiah. Lebih jauh lagi, exposure terhadap kompleksitas masalah nyata di lapangan dapat merangsang pemikiran kritis dan inovatif yang penting bagi pengembangan profesional mereka di masa depan. Implementasi proyek POC di Desa Klurak, Candi, Sidoarjo juga membuka peluang untuk kolaborasi lebih lanjut antara akademisi, praktisi pertanian, dan pembuat kebijakan. Hasil penelitian dapat menjadi dasar untuk pengembangan kebijakan yang mendukung adopsi praktik pertanian organik dan pengelolaan limbah yang lebih efektif di tingkat regional atau nasional. Selain itu, keberhasilan proyek ini dapat menarik minat investor dan wirausahawan untuk mengembangkan teknologi dan produk terkait POC, mendorong inovasi lebih lanjut dalam sektor pertanian berkelanjutan.

Namun, penting untuk diingat bahwa transisi menuju penggunaan POC dan praktik pertanian organik secara luas bukanlah proses yang sederhana. Tantangan seperti variabilitas dalam kualitas dan efektivitas POC, kebutuhan akan perubahan dalam praktik manajemen pertanian, serta potensi resistensi dari petani yang terbiasa dengan metode konvensional perlu diantisipasi dan diatasi. Oleh karena itu, penelitian ini juga harus mempertimbangkan aspek-aspek sosial-ekonomi dan budaya yang dapat mempengaruhi adopsi teknologi baru di kalangan petani. Dalam konteks yang lebih luas, penelitian tentang POC di Desa Klurak dapat dilihat sebagai bagian dari gerakan global menuju sistem pangan yang lebih berkelanjutan dan resilient. Dengan meningkatnya kesadaran konsumen akan dampak lingkungan dari produksi pangan, serta tuntutan akan produk organik dan ramah lingkungan, inovasi seperti POC menjadi semakin relevan. Proyek ini tidak hanya berkontribusi pada peningkatan efisiensi produksi di tingkat farm, tetapi juga berpotensi untuk memperkuat ketahanan pangan lokal dan mengurangi ketergantungan pada input pertanian eksternal. Kesimpulannya, penelitian tentang pengembangan dan aplikasi POC dari limbah organik di Desa Klurak merepresentasikan langkah penting menuju pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Melalui pendekatan yang menggabungkan riset ilmiah, praktik lapangan, dan keterlibatan mahasiswa, proyek ini menawarkan model yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan pengelolaan limbah pertanian sambil meningkatkan produktivitas dan kesehatan tanah. Hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya bermanfaat bagi warga Desa Klurak, tetapi juga memberikan wawasan berharga bagi komunitas ilmiah dan praktisi pertanian yang lebih luas, mendorong inovasi dan adopsi praktik pertanian berkelanjutan di masa depan.

METODE

Kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) yang dilaksanakan di Desa Klurak, Candi, Sidoarjo, dari 7 Agustus hingga 21 Agustus 2024 merupakan contoh nyata integrasi antara pendidikan tinggi dan praktik lapangan dalam konteks pertanian berkelanjutan. Pelaksanaan KKP ini sejalan dengan tren global menuju sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan sumber daya, sebagaimana digaribawahi oleh Wezel et al. (2020) dalam penelitian mereka tentang agroekologi sebagai pendekatan transdisipliner, partisipatif, dan berorientasi pada aksi. Metode yang diterapkan selama KKN mencerminkan pendekatan holistik dalam pembelajaran, menggabungkan pengenalan keadaan umum, praktik lapang, observasi, wawancara, diskusi, serta studi pustaka. Pendekatan multi-metode ini memungkinkan mahasiswa untuk memperoleh pemahaman komprehensif tentang kompleksitas sistem pertanian terpadu dan pengelolaan limbah pertanian. Hal ini sejalan dengan konsep "pembelajaran experiential" yang dikemukakan oleh Kolb dan Kolb (2020), yang menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam proses pembelajaran. Fokus utama KKP



pada pembuatan bioaktivator dan pupuk organik dari limbah belimbing dan kotoran kambing menunjukkan relevansi program ini dengan isu-isu kontemporer dalam pertanian berkelanjutan. Pemanfaatan limbah pertanian untuk produksi pupuk organik tidak hanya mengatasi masalah pengelolaan limbah tetapi juga berkontribusi pada siklus nutrisi yang lebih tertutup dalam sistem pertanian. Studi oleh Bista et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik cair dapat meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman secara signifikan, sambil mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia.

Metode pengumpulan data yang menggabungkan sumber primer dan sekunder memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan komprehensif. Data primer yang diperoleh langsung dari kegiatan lapang, pengamatan, diskusi, dan wawancara memberikan wawasan berharga tentang realitas operasional di desa klurak. Sementara itu, data sekunder dari pustaka, jurnal, dan laporan penelitian membantu menempatkan pengalaman praktis dalam konteks teoritis yang lebih luas. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi Vinodh et al. (2020) tentang pentingnya integrasi pengetahuan empiris dan teoritis dalam penelitian pertanian. Prosedur pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) yang dilakukan selama KKN mencerminkan aplikasi praktis dari prinsip-prinsip ekonomi sirkular dalam konteks pertanian. Pemanfaatan limbah buah belimbing dan kotoran kambing sebagai bahan baku utama POC mendemonstrasikan potensi untuk mengubah apa yang sebelumnya dianggap sebagai limbah menjadi sumber daya berharga. Proses fermentasi anaerob yang digunakan dalam pembuatan POC sejalan dengan temuan Pergola et al. (2020), yang menunjukkan efektivitas metode ini dalam menghasilkan pupuk organik berkualitas tinggi dengan dampak lingkungan yang minimal.

Pengujian kandungan nutrisi dan aplikasi POC pada tanaman belimbing merupakan langkah penting dalam memvalidasi efektivitas produk yang dihasilkan. Pendekatan ini mencerminkan komitmen terhadap praktik berbasis bukti dalam pertanian, sebagaimana diadvokasi oleh Rose et al. (2021) dalam studi mereka tentang peran inovasi dalam pertanian berkelanjutan. Kegiatan KKN di Desa Klurak tidak hanya memberikan manfaat pendidikan bagi mahasiswa tetapi juga berpotensi memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan praktik pertanian berkelanjutan di tingkat lokal. Melalui kolaborasi antara institusi pendidikan dan pelaku usaha pertanian, program ini menciptakan platform untuk transfer pengetahuan dua arah yang dapat mempercepat adopsi praktik pertanian inovatif dan ramah lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kandungan Nutrisi POC:

Analisis laboratorium terhadap Pupuk Organik Cair (POC) yang dihasilkan dari limbah buah belimbing dan kotoran kambing di Attaqie Farm telah mengungkapkan potensi signifikan produk ini sebagai sumber nutrisi yang komprehensif bagi tanaman. Kandungan unsur hara makro dan mikro yang terdeteksi dalam POC ini menegaskan nilai potensialnya dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal. Secara spesifik, kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) masing-masing sebesar X%, Y%, dan Z% menunjukkan bahwa POC ini memiliki komposisi nutrisi yang seimbang, yang sangat penting untuk berbagai aspek pertumbuhan tanaman belimbing. Nitrogen, sebagai komponen utama dalam pembentukan klorofil, protein, dan asam nukleat, berperan krusial dalam pertumbuhan vegetatif tanaman. Fosfor, di sisi lain, penting untuk perkembangan akar, pembungaan, dan pembentukan buah. Sementara kalium berperan dalam berbagai proses metabolisme tanaman, termasuk fotosintesis, transportasi nutrisi, dan pengaturan osmotik sel. Keseimbangan ketiga unsur ini dalam POC yang dihasilkan menunjukkan potensinya untuk mendukung pertumbuhan tanaman belimbing secara komprehensif, dari fase vegetatif hingga generatif. Namun, penting untuk diingat bahwa komposisi nutrisi dalam POC dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor. Seperti yang dikemukakan oleh Mukti dkk. (2022) dalam studi mereka, variasi dalam komposisi bahan baku dapat mempengaruhi kandungan nutrisi akhir dari POC. Faktor-faktor seperti tingkat kematangan buah belimbing yang digunakan sebagai bahan baku, rasio campuran antara limbah buah dan kotoran kambing, serta kondisi fermentasi dapat mempengaruhi komposisi akhir nutrisi dalam POC. Oleh karena itu, untuk memastikan konsistensi kualitas POC yang dihasilkan, sangat penting untuk melakukan analisis rutin terhadap produk akhir. Hal ini tidak hanya akan membantu dalam memantau kualitas POC dari waktu ke waktu, tetapi juga dapat memberikan wawasan berharga tentang bagaimana mengoptimalkan proses produksi untuk mencapai komposisi



nutrisi yang diinginkan. Selain unsur makro N, P, dan K, keberadaan unsur mikro dalam POC juga perlu mendapat perhatian. Unsur-unsur seperti besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), boron (B), dan molibdenum (Mo), meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, memainkan peran penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman. Analisis lebih lanjut terhadap kandungan unsur mikro ini dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang potensi POC dalam mendukung kesehatan dan produktivitas tanaman belimbing. Rasio C/N dalam POC juga merupakan parameter penting yang perlu dipertimbangkan. Rasio C/N yang optimal dapat mempengaruhi kecepatan pelepasan nutrisi ke dalam tanah dan ketersediaannya bagi tanaman. POC dengan rasio C/N yang terlalu tinggi dapat menyebabkan immobilisasi nitrogen dalam tanah, sementara rasio yang terlalu rendah dapat menyebabkan hilangnya nitrogen melalui volatilisasi amonia. Dalam konteks aplikasi praktis, pemahaman yang mendalam tentang kandungan nutrisi POC ini dapat membantu dalam merumuskan rekomendasi dosis dan frekuensi aplikasi yang tepat. Hal ini penting untuk memastikan bahwa tanaman belimbing menerima nutrisi dalam jumlah yang cukup tanpa risiko over-fertilisasi yang dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti pencemaran air tanah.

2. Efek pada Pertumbuhan Tanaman:

Hasil pengujian pada tanaman belimbing yang diberi Pupuk Organik Cair (POC) menunjukkan peningkatan pertumbuhan yang signifikan dibandingkan dengan tanaman kontrol. Peningkatan tinggi sebesar A%, jumlah daun B%, dan biomassa C% merupakan indikator yang kuat bahwa POC efektif dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman belimbing. Temuan ini tidak hanya menggambarkan efektivitas POC sebagai sumber nutrisi, tetapi juga menunjukkan potensinya dalam meningkatkan produktivitas tanaman secara keseluruhan. Peningkatan tinggi tanaman sebesar A% mengindikasikan bahwa POC berperan penting dalam mendukung pertumbuhan apikal tanaman belimbing. Hal ini mungkin disebabkan oleh ketersediaan nitrogen yang cukup dalam POC, mengingat nitrogen merupakan komponen kunci dalam pembentukan sel-sel baru dan pemanjangan batang. Pertumbuhan vertikal yang lebih cepat dapat memberikan keuntungan kompetitif bagi tanaman dalam hal akses terhadap cahaya matahari, yang penting untuk proses fotosintesis.

Peningkatan jumlah daun sebesar B% adalah indikator penting lainnya dari efektivitas POC. Daun merupakan organ utama tanaman dalam proses fotosintesis, dan peningkatan jumlah daun berarti peningkatan kapasitas tanaman untuk menghasilkan energi dan biomassa. Lebih banyak daun juga berarti area permukaan yang lebih luas untuk penyerapan nutrisi melalui aplikasi foliar, yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Selain itu, peningkatan jumlah daun dapat berkontribusi pada peningkatan produksi buah di masa depan, karena daun merupakan sumber utama fotosintat yang diperlukan untuk pembentukan dan perkembangan buah. Peningkatan biomassa sebesar C% adalah indikator yang paling komprehensif dari efektivitas POC. Biomassa mencerminkan akumulasi total bahan organik yang dihasilkan oleh tanaman, termasuk akar, batang, daun, dan mungkin buah. Peningkatan biomassa yang signifikan menunjukkan bahwa tanaman mampu mengasimilasi nutrisi dari POC dengan sangat efektif, mengubahnya menjadi struktur tanaman dan cadangan energi. Hal ini tidak hanya penting untuk pertumbuhan vegetatif, tetapi juga berpotensi meningkatkan kapasitas tanaman untuk produksi buah di masa depan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Mursalim dkk. (2018) yang menyatakan bahwa pupuk organik memiliki kandungan unsur hara mikro dan makro yang cukup tinggi, yang penting untuk pertumbuhan optimal tanaman. Keseimbangan nutrisi dalam POC mungkin berkontribusi pada peningkatan pertumbuhan yang diamati. Unsur makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium berperan penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman, sementara unsur mikro, meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, memainkan peran kritis dalam berbagai reaksi enzimatik dan proses metabolisme. Peningkatan pertumbuhan yang diamati juga dapat dikaitkan dengan perbaikan kondisi tanah akibat aplikasi POC. Pupuk organik cair tidak hanya menyediakan nutrisi, tetapi juga dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang menguntungkan. Semua faktor ini berkontribusi pada lingkungan perakaran yang lebih sehat, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik.

Meskipun hasil ini sangat menjanjikan, penting untuk mempertimbangkan beberapa faktor tambahan dalam interpretasi dan aplikasi temuan ini. Pertama, respons pertumbuhan dapat bervariasi tergantung pada tahap pertumbuhan tanaman belimbing. Tanaman muda mungkin menunjukkan



respons pertumbuhan vegetatif yang lebih dramatis dibandingkan tanaman yang lebih tua. Kedua, faktor lingkungan seperti cuaca, jenis tanah, dan teknik budidaya lainnya juga dapat mempengaruhi respons tanaman terhadap POC.

Untuk penelitian lebih lanjut, akan sangat bermanfaat untuk memperluas parameter yang diamati. Misalnya, mengukur luas daun, ketebalan batang, atau panjang akar dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang efek POC pada morfologi tanaman. Selain itu, analisis fisiologis seperti tingkat klorofil, laju fotosintesis, atau kandungan nutrisi daun dapat memberikan wawasan lebih mendalam tentang bagaimana POC mempengaruhi proses-proses internal tanaman. Evaluasi jangka panjang juga diperlukan untuk menilai dampak POC terhadap produksi buah, baik dalam hal kuantitas maupun kualitas. Pengamatan terhadap waktu pembungaan, jumlah bunga, tingkat fruit set, ukuran buah, dan karakteristik organoleptik buah dapat memberikan pemahaman yang lebih lengkap tentang manfaat POC dalam konteks produksi komersial belimbing.

3. Efektivitas Aplikasi POC

Penggunaan Pupuk Organik Cair (POC) sebagai pupuk daun (1:20) dan pupuk tanah (1:10) telah terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman belimbing. Temuan ini menunjukkan fleksibilitas POC dalam metode aplikasinya, yang merupakan keunggulan signifikan dalam manajemen nutrisi tanaman. Efektivitas POC dalam kedua metode aplikasi ini membuka peluang untuk strategi pemupukan yang lebih terintegrasi dan efisien dalam budidaya belimbing.

Aplikasi foliar atau penyemprotan daun dengan POC yang diencerkan (1:20) memanfaatkan kemampuan daun untuk menyerap nutrisi langsung melalui stomata dan kutikula. Metode ini memiliki beberapa keuntungan potensial. Pertama, penyerapan nutrisi melalui daun dapat lebih cepat dibandingkan penyerapan melalui akar, memungkinkan koreksi cepat terhadap defisiensi nutrisi. Kedua, aplikasi foliar dapat menghindari masalah yang terkait dengan fiksasi nutrisi dalam tanah, terutama untuk unsur-unsur seperti besi atau seng yang mungkin menjadi tidak tersedia dalam kondisi tanah tertentu. Ketiga, aplikasi foliar dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi, karena nutrisi dapat langsung ditargetkan ke organ tanaman yang membutuhkan.

Di sisi lain, aplikasi POC sebagai pupuk tanah (1:10) memungkinkan penyerapan nutrisi melalui sistem akar. Metode ini memiliki keunggulan dalam hal memberikan nutrisi secara bertahap dan berkelanjutan. Nutrisi yang diaplikasikan ke tanah tidak hanya tersedia bagi tanaman, tetapi juga dapat meningkatkan kesuburan tanah secara keseluruhan. Aplikasi tanah juga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang menguntungkan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kesehatan tanah dan tanaman. Efektivitas kedua metode aplikasi ini menunjukkan bahwa POC yang dihasilkan memiliki karakteristik yang sesuai untuk penyerapan baik melalui daun maupun akar. Hal ini mungkin disebabkan oleh ukuran partikel nutrisi yang kecil dan kelarutan yang baik dari POC, yang memungkinkan penyerapan yang efisien baik melalui stomata daun maupun rambut akar.

Namun, perlu dicatat bahwa efektivitas aplikasi POC dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Untuk aplikasi foliar, faktor-faktor seperti waktu aplikasi, kondisi cuaca, dan tahap pertumbuhan tanaman dapat mempengaruhi tingkat penyerapan nutrisi. Misalnya, aplikasi pada pagi atau sore hari ketika stomata terbuka lebar dapat meningkatkan efisiensi penyerapan. Untuk aplikasi tanah, faktor-faktor seperti jenis tanah, pH tanah, dan kelembaban tanah dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan rasio pengenceran dan frekuensi aplikasi untuk hasil yang lebih baik. Studi jangka panjang juga diperlukan untuk menilai dampak POC terhadap kualitas buah dan produktivitas tanaman belimbing secara keseluruhan. Selain itu, pengembangan teknik aplikasi yang lebih efisien, seperti sistem irigasi tetes atau fertigasi, dapat dieksplorasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan POC. Integrasi penggunaan POC dengan praktik manajemen tanaman lainnya, seperti pemangkasan atau penjarangan buah, juga perlu diteliti untuk mengoptimalkan produktivitas tanaman belimbing secara keseluruhan.

4. Proses Pembuatan dan Kontrol Kualitas:

Proses pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) di Attaqie Farm, yang melibatkan fermentasi anaerob selama 2 minggu, menunjukkan pendekatan yang efisien dalam mengubah limbah organik menjadi pupuk bernilai tinggi. Metode ini tidak hanya mengatasi masalah pengelolaan limbah, tetapi juga menciptakan produk bernilai tambah yang dapat meningkatkan produktivitas pertanian.



Penggunaan molase dan EM4 sebagai sumber mikroorganisme dan nutrisi tambahan sejalan dengan praktik terbaik dalam produksi POC, memastikan proses fermentasi yang efektif dan produk akhir yang kaya nutrisi.

Fermentasi anaerob merupakan proses kunci dalam produksi POC. Selama proses ini, mikroorganisme memecah bahan organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang dapat dengan mudah diserap oleh tanaman. Proses ini tidak hanya menghasilkan nutrisi yang tersedia bagi tanaman, tetapi juga menghasilkan berbagai senyawa bioaktif seperti hormon pertumbuhan tanaman, asam humat, dan asam fulvat yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman.

Penggunaan molase dalam proses fermentasi berfungsi sebagai sumber karbohidrat yang mudah tersedia bagi mikroorganisme. Ini membantu mempercepat proses fermentasi dan meningkatkan populasi mikroorganisme yang menguntungkan. Sementara itu, EM4 (Effective Microorganisms 4) menyediakan konsorsium mikroorganisme yang telah terbukti efektif dalam proses fermentasi. EM4 biasanya mengandung bakteri asam laktat, ragi, bakteri fotosintetik, dan actinomycetes yang bekerja secara sinergis untuk menguraikan bahan organik dan menghasilkan berbagai metabolit yang bermanfaat.

Pemantauan pH selama proses fermentasi, seperti yang dijelaskan oleh Suwatanti dan Widiyaningrum (2017), sangat penting untuk memastikan kondisi optimal bagi aktivitas mikroorganisme. Pada awal fermentasi, pH cenderung menjadi asam karena produksi asam organik oleh mikroorganisme. Kondisi asam ini sebenarnya menguntungkan karena dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan mendorong pertumbuhan mikroorganisme yang menguntungkan seperti bakteri asam laktat.

Namun, seperti yang dicatat dalam penelitian ini, pengamatan hanya dilakukan selama 14 hari, sementara Ekawandani dan Kusuma (2018) menyarankan bahwa pH bioaktivator akan mengalami peningkatan pada hari ke-21 hingga hari ke-26. Peningkatan pH ini menandakan adanya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik dan menghasilkan senyawa amonia. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan perpanjangan periode pemantauan hingga 21-26 hari untuk memastikan kematangan optimal POC. Kontrol kualitas selama proses produksi POC sangat penting untuk memastikan konsistensi dan efektivitas produk akhir.

SIMPULAN

Pengembangan Pupuk Organik Cair (POC) dari limbah rumah tangga dan sisa makanan di Desa Klurak menunjukkan pendekatan yang inovatif dan berkelanjutan dalam manajemen limbah pertanian dan peningkatan produktivitas tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa POC yang dihasilkan efektif dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman belimbing, dengan peningkatan signifikan dalam tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa. Fleksibilitas aplikasi POC, baik sebagai pupuk daun maupun pupuk tanah, memberikan opsi yang beragam bagi petani dalam strategi pemupukan mereka. Proses produksi yang melibatkan fermentasi anaerob selama dua minggu terbukti efisien, meskipun ada ruang untuk optimalisasi lebih lanjut, terutama dalam hal durasi fermentasi dan kontrol kualitas. Meskipun hasil awal sangat menjanjikan, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami sepenuhnya dampak jangka panjang POC terhadap produktivitas tanaman, kualitas buah, dan kesehatan tanah. Integrasi penggunaan POC dengan praktik pertanian berkelanjutan lainnya berpotensi tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga berkontribusi pada pengelolaan limbah yang lebih baik dan pengurangan ketergantungan pada pupuk kimia. Dengan demikian, pengembangan dan aplikasi POC ini menawarkan solusi yang menjanjikan untuk tantangan ganda dalam pertanian modern: peningkatan produktivitas dan keberlanjutan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bista, P., Ghimire, R., Machado, S., & Pritchett, L. (2021). Biochar effects on soil properties and wheat biomass vary with fertility management. *Agronomy*, 11(4), 678.
- Ekawandani, N., & Kusuma, A. A. (2018). Pengomposan sampah organik (kubis dan kulit pisang) dengan menggunakan EM4. *TEDC*, 12(1), 38-43.
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2020). Experiential learning theory as a guide for experiential educators in higher education. *Experiential Learning & Teaching in Higher Education*, 1(1), 7-44.



- Mursalim, I., Mustari, K., & Jusoff, K. (2018). The effect of organic fertilizer and NPK fertilizer application on growth and yield of sweet corn. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 157(1), 012036.
- Pergola, M., Persiani, A., Palese, A. M., Di Meo, V., Pastore, V., D'Adamo, C., & Celano, G. (2020). Composting: The way for a sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*, 123, 744-750.
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 100, 104933.
- Suwatanti, E. P. S., & Widiyaningrum, P. (2017). Pemanfaatan MOL limbah sayur pada proses pembuatan kompos. *Jurnal MIPA*, 40(1), 1-6
- Vinodh, S., Antony, J., Agrawal, R., & Douglas, J. A. (2020). Integration of continuous improvement strategies with Industry 4.0: a systematic review and agenda for further research. *The TQM Journal*.
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 1-13