



PEMANFAATAN LAHAN DENGAN SISTEM PENGOLAHAN YANG BAIK DAN PENGGUNAAN PUPUK ORGANIK UNTUK MENERAPKAN SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN

Namyra Olivia Gulo¹⁾, Sintikhe Wahyu Arif Lase²⁾, Darma Sah Tatema Laoli³⁾,
Mesyani Gulo⁴⁾, Natalia Kristiani Lase⁵⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: namyraoliviagulo5@gmail.com

²⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: sintikhe@gmail.com

³⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: darmalaoli2020@gmail.com

⁴⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: mesyanigulo12@gmail.com

⁵⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: natalialase16@gmmail.com

Abstract

This Sustainable agriculture is an important approach in facing global challenges such as soil degradation, climate change, and increasing food demand. This study aims to assess the benefits of implementing a good tillage system and using organic fertilizers in improving land productivity and the sustainability of agricultural ecosystems. Planned tillage involves soil and water conservation techniques that can minimize erosion and maintain soil fertility. Meanwhile, the use of organic fertilizers contributes to the improvement of soil structure, increased microorganism activity, and reduced dependence on synthetic chemical fertilizers. This study uses a qualitative method with data obtained from case studies in several agricultural areas that have adopted sustainable practices. The results show that the combination of good land management and the use of organic fertilizers not only increases agricultural yields, but also supports the sustainability of natural resources in the long run. This research is expected to contribute to the development of policies, training programs, and technical guidelines for farmers to realize a more environmentally friendly and efficient farming system.

Keywords: Land management; Organic fertilizer; Sustainable agriculture; Soil fertility.

Abstrak

Pertanian berkelanjutan menjadi pendekatan penting dalam menghadapi tantangan global seperti degradasi tanah, perubahan iklim, dan kebutuhan pangan yang terus meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji manfaat penerapan sistem pengolahan lahan yang baik dan penggunaan pupuk organik dalam meningkatkan produktivitas lahan serta keberlanjutan ekosistem pertanian. Pengolahan lahan yang terencana melibatkan teknik konservasi tanah dan air yang dapat meminimalkan erosi serta menjaga kesuburan tanah. Sementara itu, penggunaan pupuk organik berkontribusi pada perbaikan struktur tanah, peningkatan aktivitas mikroorganisme, dan pengurangan ketergantungan terhadap pupuk kimia sintesis. Studi ini menggunakan metode kualitatif dengan data yang diperoleh dari studi kasus di beberapa wilayah pertanian yang telah mengadopsi praktik berkelanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi antara pengolahan lahan yang baik dan pemanfaatan pupuk organik tidak hanya meningkatkan hasil pertanian, tetapi juga mendukung kelestarian sumber daya alam dalam jangka panjang. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan kebijakan, program pelatihan, dan pedoman teknis bagi petani untuk mewujudkan sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Kata Kunci: Pengolahan lahan; Pupuk organik; Pertanian berkelanjutan; Kesuburan tanah.



PENDAHULUAN

Pertanian memiliki peran sentral dalam menopang kehidupan manusia, baik dari segi pemenuhan kebutuhan pangan maupun kontribusinya terhadap perekonomian global. Menurut (Efendi, 2016) kegiatan pertanian yang dilakukan manusia berusaha memanfaatkan sumber daya secara berlebihan sehingga merusak kondisi lingkungan dan biologi, akibatnya terjadi percepatan kerusakan sumber daya alam, tanah dan air. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, berbagai tantangan besar telah muncul di sektor ini, termasuk peningkatan tekanan terhadap lahan pertanian, perubahan iklim, degradasi tanah, dan ancaman terhadap ketahanan pangan. Dengan populasi dunia yang diperkirakan terus bertambah hingga mencapai lebih dari 9 miliar pada tahun 2050, kebutuhan akan pangan akan semakin meningkat. Hal ini menuntut pengelolaan lahan yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan untuk mengatasi tantangan tersebut. Saat ini, praktik pertanian intensif sering kali dilakukan untuk meningkatkan hasil panen dengan cepat, tetapi metode tersebut cenderung mengabaikan aspek keberlanjutan. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida sintetis yang berlebihan telah menyebabkan degradasi tanah, penurunan keanekaragaman hayati, dan pencemaran air tanah. Dalam jangka panjang, praktik ini tidak hanya merusak lingkungan, tetapi juga mengurangi produktivitas tanah, yang pada akhirnya mengancam kelangsungan pertanian itu sendiri.

Di sisi lain, konversi lahan menjadi pemukiman dan industri turut mempersempit lahan pertanian yang tersedia, sehingga pengelolaan lahan yang ada harus dilakukan dengan cara yang lebih efektif dan efisien. Untuk menjawab tantangan ini, konsep pertanian berkelanjutan menjadi semakin relevan. Pertanian berkelanjutan adalah sistem pengelolaan sumber daya yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pangan generasi saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Di dalamnya, terdapat prinsip-prinsip penting seperti konservasi sumber daya alam, pemeliharaan kesuburan tanah, pengelolaan hama yang ramah lingkungan, dan peningkatan kesejahteraan petani. Salah satu langkah penting untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan adalah dengan mengoptimalkan pengolahan lahan dan mengganti atau mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dengan pupuk organik.

Pengolahan lahan yang baik memainkan peran kunci dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Pengolahan yang tepat mencakup berbagai teknik konservasi seperti rotasi tanaman, tumpangsari, sistem agroforestri, serta penggunaan alat dan metode yang sesuai dengan kondisi lahan. Teknik-teknik ini tidak hanya membantu mempertahankan kesuburan tanah tetapi juga mencegah erosi, meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air, dan mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang bermanfaat. Dalam jangka panjang, pengolahan lahan yang baik akan menciptakan lahan pertanian yang lebih produktif sekaligus memperpanjang usia produktif lahan tersebut.

Selain pengolahan lahan, pupuk organik menjadi salah satu komponen yang sangat penting dalam sistem pertanian berkelanjutan. Berbeda dengan pupuk kimia yang umumnya hanya memberikan nutrisi dalam bentuk

langsung kepada tanaman, pupuk organik memberikan manfaat yang lebih holistik. Pupuk organik yang berasal dari bahan-bahan alami seperti kompos, limbah organik, dan kotoran hewan, mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air, dan merangsang aktivitas biologis tanah. Penggunaan pupuk organik yang konsisten dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis, mengurangi risiko pencemaran lingkungan, serta mendukung regenerasi ekosistem tanah. Studi ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi pengolahan lahan yang baik dan penggunaan pupuk organik sebagai pendekatan utama dalam menerapkan sistem pertanian berkelanjutan. Dengan mengkaji praktik-praktik terbaik di beberapa wilayah, penelitian ini berusaha memberikan data empiris yang dapat menjadi panduan bagi para petani, akademisi, dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi pertanian yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Lebih jauh lagi, penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim, peningkatan kebutuhan pangan, dan keterbatasan sumber daya alam. Dengan hasil yang diharapkan berupa peningkatan produktivitas lahan, pemeliharaan kesuburan tanah, dan pelestarian ekosistem, studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Dalam jangka panjang, keberhasilan implementasi sistem ini tidak hanya akan meningkatkan kesejahteraan petani, tetapi juga memperkuat ketahanan pangan global dan memastikan keberlanjutan sumber daya alam bagi generasi mendatang. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menjawab beberapa pertanyaan penting: bagaimana pengolahan lahan yang baik dapat meningkatkan efisiensi lahan? Bagaimana penggunaan pupuk organik dapat menggantikan peran pupuk kimia? Dan bagaimana integrasi kedua pendekatan ini dapat menjadi dasar untuk membangun sistem pertanian berkelanjutan? Jawaban atas pertanyaan-pertanyaan ini akan memberikan dasar yang kuat untuk mengembangkan solusi praktis bagi sektor pertanian di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengandalkan sumber-sumber literatur yang relevan untuk mempelajari pemanfaatan lahan dengan sistem pengolahan yang baik dan penggunaan pupuk organik dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Metode yang digunakan adalah metode kepustakaan, yang bertujuan untuk menggali, menganalisis, dan menyintesis informasi yang dibutuhkan terkait topik tersebut. Metode ini digunakan untuk memahami prinsip-prinsip pengelolaan lahan secara efisien dan ramah lingkungan, serta peran pupuk organik dalam meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung ekosistem pertanian. Sumber informasi untuk penelitian ini berasal dari berbagai literatur yang tersedia dalam jurnal akademik dan repositori digital yang terkenal secara internasional, seperti ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar. Artikel-artikel yang dipilih membahas berbagai topik seperti pengelolaan lahan, pertanian berkelanjutan, dan aplikasi pupuk organik dalam konteks lokal maupun global. Selain itu, laporan resmi dari lembaga



penelitian dan institusi pertanian yang kredibel juga digunakan sebagai referensi, termasuk dokumen kebijakan yang relevan tentang sistem pertanian berkelanjutan.

Analisis literatur dilakukan dengan mengelompokkan sumber berdasarkan tema utama: (1) teknik dan prinsip pengolahan lahan yang baik, (2) manfaat dan efektivitas pupuk organik dibandingkan dengan pupuk kimia, dan (3) kontribusi pengelolaan lahan dan pupuk organik terhadap keberlanjutan ekosistem pertanian. Setiap tema diteliti secara menyeluruh untuk memahami dampaknya terhadap praktik pertanian yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan.

Studi kepustakaan ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan dan penggunaan pupuk organik. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk membandingkan berbagai pandangan dari sumber yang berbeda, sehingga menghasilkan sintesis informasi yang lebih komprehensif dan relevan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pertanian berkelanjutan yang lebih efektif, baik secara teori maupun aplikasi di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Teknik dan Prinsip Pengolahan Lahan yang Baik

Menurut (Roidah, 2013) Indonesia dikenal sebagai negara agraris, karena sekitar 70% penduduknya tinggal di daerah pedesaan. Kondisi seperti ini mengakibatkan peranan dalam sektor pertanian menjadi andalan utama mata pencaharian penduduk Indonesia. Pengolahan lahan yang baik merupakan langkah awal dan fundamental dalam mencapai tujuan pertanian berkelanjutan. Pengelolaan lahan yang tepat tidak hanya berfokus pada peningkatan produktivitas hasil panen, tetapi juga bertujuan untuk menjaga kesuburan tanah, mencegah degradasi lahan, serta melestarikan ekosistem. Dalam hal ini, pengolahan lahan yang baik mencakup berbagai teknik dan prinsip yang dirancang untuk memastikan keseimbangan antara kebutuhan produksi dengan pelestarian sumber daya alam yang berkelanjutan. Sebagai bagian dari sistem pertanian berkelanjutan, pengolahan lahan harus mempertimbangkan aspek ekologi, sosial, dan ekonomi secara menyeluruh. Pendekatan yang holistik ini diperlukan untuk memastikan bahwa penggunaan lahan tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek, tetapi juga mendukung keberlanjutan sumber daya untuk generasi mendatang. Dengan memahami pentingnya keseimbangan ini, pengolahan lahan dapat dilakukan secara efisien tanpa merusak ekosistem sekitarnya.

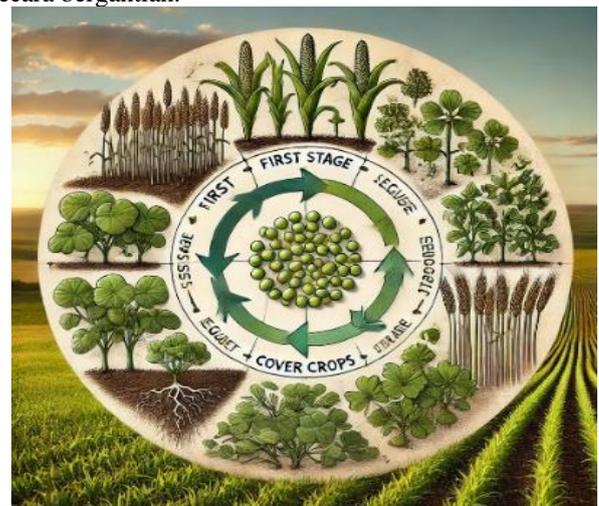
Dalam konteks perubahan iklim dan pertumbuhan populasi global, kebutuhan akan pengelolaan lahan yang bijak semakin mendesak. Tantangan seperti degradasi tanah, erosi, dan penurunan kualitas air menjadi perhatian utama yang harus diatasi melalui pengolahan lahan yang tepat. Di sisi lain, tekanan untuk menghasilkan lebih banyak pangan dengan lahan yang terbatas menuntut adopsi teknik-teknik yang lebih inovatif dan ramah lingkungan. Pengolahan lahan yang baik tidak hanya melibatkan teknik

fisik, seperti penggunaan alat pertanian, tetapi juga integrasi ilmu pengetahuan seperti agroekologi dan teknologi modern. Langkah-langkah seperti penggunaan pupuk organik, pengendalian erosi, serta penerapan sistem agroforestri menjadi contoh konkret bagaimana pengelolaan lahan dapat mendukung keberlanjutan. Selain itu, pentingnya peran petani dalam memahami dan menerapkan prinsip-prinsip ini menjadi kunci keberhasilan di lapangan.

Sebagai bagian dari sistem pertanian yang lebih luas, pengolahan lahan yang baik memberikan dasar bagi keberlanjutan sektor pertanian secara keseluruhan. Dengan fokus pada penerapan teknik-teknik yang sesuai dan prinsip-prinsip konservasi, pengelolaan lahan dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi pertanian modern. Hal ini memungkinkan pemanfaatan lahan secara maksimal tanpa mengorbankan kualitas lingkungan dan sumber daya alam yang ada. Berikut adalah beberapa teknik yang mungkin bisa dijadikan sebagai referensi dalam memaksimalkan pemanfaatan lahan.

1. Rotasi Tanaman

Rotasi tanaman (crop rotation) adalah praktik bertani yang melibatkan pergiliran jenis tanaman yang ditanam di lahan yang sama dari musim ke musim atau tahun ke tahun. Rotasi tanaman mencegah terakumulasinya patogen dan hama yang sering menyerang satu spesies saja. Rotasi tanaman juga meningkatkan kualitas struktur tanah dan mempertahankan kesuburan dengan melakukan pergantian antara tanaman berakar dalam dengan tanaman berakar dangkal (Suprihatin and Amirullah, 2020). Alih-alih menanam tanaman yang sama terus-menerus pada area yang sama, petani memilih berbagai tanaman dengan kebutuhan nutrisi dan sifat yang berbeda untuk ditanam secara bergantian.



Gambar 1.1 Ilustrasi Siklus Rotasi Tanaman

Tujuan utama dari rotasi tanaman adalah untuk menjaga kesuburan tanah dan memecahkan masalah seperti hama, penyakit, serta gulma yang berkembang akibat tanaman yang terus-menerus ditanam pada lahan yang sama.



Penerapan rotasi tanaman yang efektif membutuhkan perencanaan yang matang. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam rotasi tanaman:

Identifikasi Jenis Tanaman: langkah pertama adalah memilih jenis tanaman yang akan ditanam, berdasarkan musim, kondisi tanah, dan tujuan produksi. Biasanya, tanaman yang memiliki kebutuhan unsur hara yang berbeda dipilih untuk rotasi, misalnya tanaman legum (kacang-kacangan) yang mengikat nitrogen dan tanaman lain yang membutuhkan banyak nitrogen seperti jagung.

Penentuan Urutan Tanaman: setelah memilih jenis tanaman, petani perlu menentukan urutan atau rotasi tanaman yang optimal. Sebagai contoh, tanaman yang membutuhkan banyak nitrogen (seperti jagung atau padi) bisa diikuti oleh tanaman yang dapat memperbaiki kandungan nitrogen tanah (seperti kacang-kacangan atau kedelai), yang akan menyeimbangkan nutrisi tanah.

Jangka Waktu Rotasi: rotasi tanaman dapat dilakukan dalam beberapa musim atau tahun. Biasanya, rotasi dilakukan setiap musim tanam atau satu siklus pertanian, dengan tanaman yang berbeda ditanam pada lahan yang sama untuk menghindari kelelahan tanah.

Pengelolaan Tanaman Penutup: selain tanaman utama, petani sering menambahkan tanaman penutup tanah (cover crops) dalam rotasi mereka, yang dapat meningkatkan kualitas tanah melalui fiksasi nitrogen atau penambahan bahan organik. Ini juga mencegah erosi dan memperbaiki struktur tanah.

Pemantauan dan Penyesuaian: selama penerapan rotasi, pemantauan kondisi tanah dan hasil panen sangat penting. Petani harus siap menyesuaikan rotasi tanaman jika terjadi perubahan pada kondisi tanah, iklim, atau kebutuhan pasar.

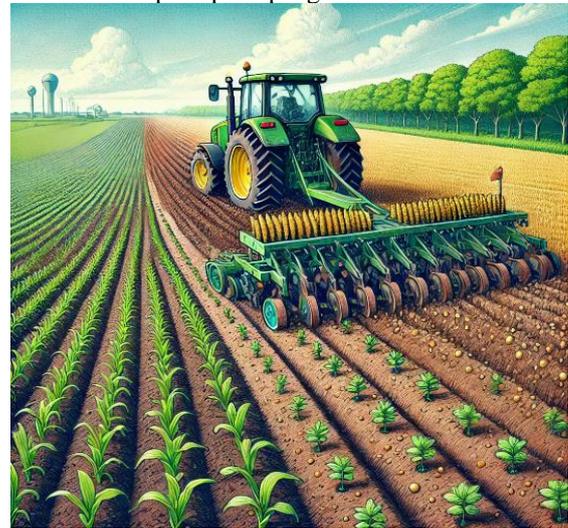
Rotasi tanaman memiliki berbagai manfaat bagi pertanian berkelanjutan, seperti meningkatkan kesehatan tanah dengan mencegah pengambilan nutrisi berlebihan oleh satu jenis tanaman dan memperbaiki kandungan nitrogen melalui legum. Teknik ini juga membantu pengendalian hama dan penyakit dengan memutus siklus hidup mereka, serta mencegah erosi tanah melalui pemanfaatan berbagai sistem akar yang memperbaiki struktur tanah. Selain itu, rotasi tanaman meningkatkan keanekaragaman hayati dengan menarik serangga dan mikroorganisme bermanfaat, sekaligus mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia karena kontribusi legum dalam meningkatkan nitrogen tanah. Dengan praktik ini, tanah tetap produktif dalam jangka panjang, menghasilkan hasil yang optimal dan mendukung ekosistem pertanian yang sehat.

Sebagai contoh rotasi yang efektif, petani bisa memulai dengan menanam tanaman padi atau jagung yang membutuhkan banyak nitrogen, lalu diikuti oleh tanaman legum seperti kedelai atau kacang tanah yang dapat memperbaiki kandungan nitrogen di tanah. Pada musim berikutnya, bisa ditanami dengan tanaman yang tidak terlalu membutuhkan nitrogen, seperti gandum atau sayuran umbi-umbian.

2. Pengolahan Minimum

Pengolahan minimum (minimal tillage) adalah suatu teknik pengelolaan tanah yang meminimalkan pengolahan

atau pembajakan tanah, sehingga hanya sedikit gangguan terhadap struktur tanah yang terjadi. Dalam pengolahan minimum, tanah tidak dibajak sepenuhnya atau digaru secara intensif seperti pada pengolahan tanah tradisional.



Gambar 1.2 Ilustrasi Pengolahan Minimum (tillage)

Teknik ini bertujuan untuk menjaga kesuburan dan struktur tanah, serta mencegah degradasi tanah yang dapat disebabkan oleh pembajakan yang berlebihan. Pengolahan minimum memanfaatkan alat-alat pertanian yang dapat mengolah permukaan tanah secara ringan tanpa menggali atau membalik tanah secara menyeluruh. Hal ini menjaga agar lapisan atas tanah tetap utuh, sehingga mikroorganisme dan flora tanah yang berguna dapat berkembang dengan baik. Meskipun pengolahan minimum memiliki berbagai penerapan teknis, beberapa langkah umum dalam penerapannya meliputi:

Memilih Alat Pengolahan yang Tepat: pengolahan minimum menggunakan alat seperti alat penanam langsung (direct seeding machines), disc harrow, atau rotary tiller yang memungkinkan penanaman langsung ke dalam tanah tanpa pembajakan yang mendalam. Alat ini hanya merusak permukaan tanah untuk membuka jalur tanam, tanpa membalik tanah atau menggali tanah terlalu dalam.

Penggunaan Mulsa: penggunaan mulsa pada permukaan tanah adalah salah satu teknik penting dalam pengolahan minimum. Mulsa adalah bahan untuk menutup tanah sehingga kelembaban dan suhu tanah sebagai media tanaman terjaga kestabilannya. Mulsa juga berfungsi menekan pertumbuhan gulma sehingga tanaman akan tumbuh lebih baik (Tinambunan et al., 2014). Mulsa, baik dari bahan organik seperti jerami atau dedaunan, bertujuan untuk melindungi permukaan tanah dari erosi, menjaga kelembapan tanah, serta menekan pertumbuhan gulma.

Penanaman Langsung: dalam pengolahan minimum, tanaman ditanam langsung ke dalam tanah tanpa pembajakan sebelumnya. Tanaman seperti jagung, kedelai, atau gandum dapat langsung ditanam di tanah yang sudah diberi perlakuan minimum.

Pemeliharaan Tanaman dan Tanah: setelah tanam, perawatan tanaman dan tanah dilakukan dengan meminimalkan gangguan lebih lanjut pada tanah. Penyulaman, pemupukan, dan pengendalian hama



dilakukan dengan mempertahankan struktur tanah yang stabil.

Pengelolaan Sumber Daya Alam: pengolahan minimum sering dipadukan dengan teknik konservasi tanah lainnya, seperti rotasi tanaman, penanaman tanaman penutup tanah, atau sistem pertanian agroforestri untuk memperbaiki keberagaman hayati dan kesuburan tanah.

Dengan mengurangi gangguan pada permukaan tanah, pengolahan minimum menjaga kestabilan struktur tanah dan mengurangi erosi. Tanah tetap terlindungi oleh lapisan organik atau tanaman penutup yang menghalangi air hujan langsung mengalir di permukaan. Pengolahan minimum juga membantu mempertahankan kelembapan tanah dengan mengurangi evaporasi. Lapisan tanah yang tidak terganggu akan lebih mampu menahan air, yang sangat penting terutama di daerah yang sering kekeringan. Dengan sedikitnya gangguan pada struktur tanah, kehidupan mikroba, cacing, dan organisme tanah lainnya dapat berkembang dengan lebih baik. Mikroorganisme ini membantu dalam dekomposisi bahan organik dan memecah nutrisi yang dibutuhkan tanaman.

Karena pengolahan minimum mengurangi erosi dan meningkatkan kesuburan tanah secara alami, penggunaan pupuk dan pestisida kimia dapat diminimalkan. Tanaman dapat tumbuh dengan lebih sehat, dan tanah dapat mengandalkan proses alami untuk memenuhi kebutuhannya. Teknik ini mendukung keberagaman hayati dengan memungkinkan pertumbuhan tanaman penutup tanah yang mendukung keberadaan berbagai spesies mikroorganisme dan fauna tanah. Keberagaman ini juga membantu mengendalikan hama dan penyakit secara alami. Dengan berkurangnya kebutuhan untuk pembajakan dan pengolahan tanah lainnya, biaya bahan bakar dan tenaga kerja dapat ditekan. Selain itu, penggunaan pupuk dan pestisida yang lebih sedikit juga menurunkan biaya operasional. Tanah yang tidak dibajak berulang kali akan lebih stabil dan tidak mudah terkikis. Akarnya lebih mudah menembus lapisan tanah, dan struktur tanah pun semakin baik, meningkatkan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman.

3. Agroforestri

Agroforestri adalah sistem pertanian yang mengintegrasikan tanaman pertanian dengan pohon-pohonan dalam satu lahan yang sama, dengan tujuan untuk memanfaatkan manfaat dari keduanya secara bersamaan. Secara sederhana, agroforestri berarti menanam pepohonan di lahan pertanian, dan harus diingat bahwa petani atau masyarakat adalah elemen pokoknya (subyek). Dengan demikian kajian agroforestri tidak hanya terfokus pada masalah teknik dan biofisik saja tetapi juga masalah sosial, ekonomi dan budaya yang selalu berubah dari waktu ke waktu, sehingga agroforestri merupakan cabang ilmu yang dinamis (Widianto et al., 2003). Dalam agroforestri, pohon-pohon ditanam di antara tanaman pangan atau tanaman lainnya, sehingga menciptakan sebuah ekosistem yang seimbang. Teknik ini bertujuan untuk meningkatkan keberlanjutan pertanian dengan cara mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam, memperbaiki kualitas tanah, serta mendukung keberagaman hayati.



Gambar 1.3 Ilustrasi Agroforestri

Secara umum, agroforestri menggabungkan elemen pertanian (seperti tanaman pangan dan sayuran) dengan elemen kehutanan (seperti pohon-pohon keras atau pohon peneduh). Sistem ini tidak hanya berfokus pada hasil pertanian, tetapi juga melibatkan peran pohon dalam menjaga kesehatan tanah, meningkatkan kualitas udara, dan memperbaiki ketahanan ekosistem terhadap perubahan iklim.

Pohon-pohon dalam sistem agroforestri berfungsi untuk meningkatkan kesuburan tanah. Akar pohon dapat mengikat unsur hara di tanah, sementara daun dan dedaunan pohon dapat menjadi bahan organik yang berguna untuk memperbaiki struktur tanah. Dengan adanya pohon, kualitas tanah akan meningkat karena penyerapan air yang lebih efisien dan peningkatan kandungan bahan organik. Salah satu manfaat utama agroforestri adalah kemampuannya untuk mengurangi risiko erosi tanah. Akar pohon yang dalam membantu mengikat tanah, mencegah tanah terkikis oleh air hujan, terutama pada lahan-lahan miring. Tanaman yang ditanam di antara pohon juga membantu melindungi permukaan tanah dari erosi akibat air atau angin.

Agroforestri mendukung keberagaman hayati karena menciptakan habitat yang lebih beragam untuk berbagai spesies tanaman, hewan, dan mikroorganisme. Pohon yang ditanam di sekitar tanaman pertanian dapat menarik serangga dan organisme yang berguna dalam mengendalikan hama serta meningkatkan kualitas ekosistem secara keseluruhan. Dengan adanya pohon, agroforestri juga membantu meningkatkan siklus air di lahan pertanian. Pohon memiliki peran dalam menjaga kelembapan tanah dengan mengurangi penguapan dan meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. Ini sangat penting untuk menjaga ketersediaan air di tanah, terutama di daerah-daerah yang rawan kekeringan.

B. Manfaat dan Efektivitas Pupuk Organik Dibandingkan Dengan Pupuk Kimia

Pupuk memainkan peran krusial dalam mendukung produktivitas pertanian, terutama dalam memenuhi kebutuhan pangan global yang terus meningkat. Seiring bertambahnya populasi, tekanan untuk meningkatkan hasil



panen dari lahan pertanian menjadi semakin besar. Namun, keputusan tentang jenis pupuk yang digunakan tidak hanya memengaruhi hasil panen secara langsung, tetapi juga memiliki implikasi jangka panjang terhadap kesehatan tanah, keseimbangan lingkungan, dan keberlanjutan ekosistem pertanian. Selama beberapa dekade terakhir, pupuk kimia telah menjadi pilihan utama di sektor pertanian karena kemampuannya menyediakan nutrisi dengan cepat dan efisien. Pupuk ini diformulasikan untuk mengandung konsentrasi tinggi unsur-unsur makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang langsung tersedia bagi tanaman. Akibatnya, penggunaan pupuk kimia sering kali menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam produktivitas jangka pendek. Namun, penggunaan yang intensif dan tanpa pengelolaan yang baik telah menimbulkan berbagai masalah lingkungan, seperti degradasi tanah, pencemaran air, dan pelepasan gas rumah kaca, yang pada akhirnya merusak keberlanjutan ekosistem pertanian.

Sebagai alternatif, pupuk organik, yang berasal dari bahan alami seperti kotoran hewan, sisa tanaman, dan kompos, menawarkan pendekatan yang lebih ramah lingkungan. Tidak hanya menyediakan nutrisi bagi tanaman, pupuk organik juga memiliki manfaat tambahan, seperti memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme, dan mendukung siklus alami nutrisi di dalam tanah. Meskipun efeknya lebih lambat dibandingkan pupuk kimia, pupuk organik memberikan manfaat jangka panjang yang berkelanjutan dan selaras dengan prinsip pertanian ramah lingkungan. Dalam konteks pertanian berkelanjutan, perbandingan antara pupuk organik dan pupuk kimia menjadi topik yang sangat relevan. Pupuk organik tidak hanya memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman tetapi juga membantu menjaga keseimbangan ekosistem tanah dan lingkungan sekitar. Sebaliknya, meskipun pupuk kimia menawarkan hasil yang cepat, dampaknya terhadap lingkungan sering kali merugikan, terutama ketika digunakan tanpa kontrol yang tepat.

Oleh karena itu, memahami manfaat dan efektivitas pupuk organik dibandingkan pupuk kimia menjadi langkah penting dalam mengevaluasi pilihan terbaik untuk praktik pertanian modern. Selain itu, perlu dipahami pula bagaimana senyawa-senyawa dalam pupuk organik, seperti asam humat, asam fulvat, dan enzim alami, dapat memberikan manfaat tidak hanya bagi tanaman tetapi juga bagi keberlanjutan sistem pertanian secara keseluruhan. Kajian ini bertujuan untuk menyoroti keunggulan pupuk organik dan kontribusinya terhadap pertanian yang lebih sehat dan berkelanjutan, sehingga dapat menjadi pedoman dalam pengelolaan lahan yang lebih baik di masa depan.

1. Dampak Pupuk Organik terhadap Struktur dan Kesuburan Tanah

Tanah merupakan fondasi utama dalam sistem pertanian, dan kualitasnya sangat menentukan produktivitas serta keberlanjutan suatu ekosistem pertanian. Salah satu aspek penting dalam menjaga kualitas tanah adalah pemilihan jenis pupuk yang digunakan. Pupuk organik dan pupuk kimia memiliki dampak yang berbeda terhadap

struktur dan kesuburan tanah, baik dalam jangka pendek maupun panjang.

Pupuk organik berasal dari bahan alami seperti kotoran hewan, sisa tanaman, atau kompos, yang kaya akan bahan organik. Ketika pupuk organik ditambahkan ke tanah, kandungan bahan organiknya berfungsi sebagai perekat alami yang mengikat partikel-partikel tanah, membentuk agregat yang stabil. Agregat ini memberikan struktur tanah yang lebih gembur dan porous, mempermudah penetrasi air dan udara ke dalam tanah. Contohnya, penggunaan kompos pada lahan sawah meningkatkan aerasi tanah, yang penting untuk pertumbuhan akar tanaman padi. Selain itu, bahan organik dalam pupuk organik mampu meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air (*water-holding capacity*). Hal ini sangat bermanfaat pada lahan kering atau daerah dengan curah hujan rendah, karena tanah yang kaya bahan organik dapat menyimpan air lebih lama, sehingga mengurangi risiko kekeringan pada tanaman.

Sebaliknya, penggunaan pupuk kimia dalam jangka panjang dapat menyebabkan degradasi struktur tanah. Pupuk kimia sering kali tidak memberikan kontribusi bahan organik ke tanah, sehingga tanah kehilangan kemampuan untuk membentuk agregat yang stabil. Akibatnya, tanah menjadi padat (*compacted*), keras, dan sulit diolah. Sebagai contoh, penggunaan urea yang berlebihan pada tanaman jagung di tanah lempung dapat mengakibatkan tanah menjadi keras setelah musim panen, menghambat penetrasi akar pada musim tanam berikutnya. Lebih jauh, pupuk kimia dapat meningkatkan kadar garam dalam tanah (*salinitas*), terutama jika digunakan secara terus-menerus tanpa diimbangi irigasi yang baik. Kondisi tanah yang salin menghambat pertumbuhan tanaman, karena air yang tersedia untuk akar tanaman menjadi lebih sedikit akibat tekanan osmotik yang tinggi.

Berikut adalah contoh perbandingan kasus terkait dampak pupuk organik maupun pupuk kimia terhadap kesuburan tanah.

Pupuk Organik: Sebuah penelitian di daerah subtropis menunjukkan bahwa penggunaan kompos dari limbah pertanian meningkatkan hasil panen gandum sebesar 20% dalam lima tahun. Kompos ini juga meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air hingga 30%, memberikan manfaat tambahan selama musim kering.

Pupuk Kimia: Di sisi lain, penggunaan pupuk kimia intensif pada tanaman jagung di tanah pasir di Brasil menghasilkan penurunan hasil panen setelah tiga musim tanam akibat pengurangan kapasitas tanah untuk menyimpan air dan hilangnya bahan organik.

Penggunaan pupuk organik memberikan keuntungan besar dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air, dan mendukung kehidupan mikroorganisme tanah. Sebaliknya, pupuk kimia yang digunakan tanpa kontrol dapat merusak struktur tanah, menurunkan kesuburan, dan mengurangi keberlanjutan ekosistem pertanian. Oleh karena itu, pendekatan yang ideal adalah kombinasi kedua jenis pupuk ini, dengan proporsi yang lebih besar pada pupuk organik untuk mendukung pertanian yang berkelanjutan. Penggunaan pupuk organik memberikan keuntungan besar dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air,



dan mendukung kehidupan mikroorganisme tanah. Sebaliknya, pupuk kimia yang digunakan tanpa kontrol dapat merusak struktur tanah, menurunkan kesuburan, dan mengurangi keberlanjutan ekosistem pertanian. Oleh karena itu, pendekatan yang ideal adalah kombinasi kedua jenis pupuk ini, dengan proporsi yang lebih besar pada pupuk organik untuk mendukung pertanian yang berkelanjutan.

2. Pupuk Organik dan Aktivitas Mikroorganisme Tanah

Pemilihan jenis pupuk dalam pertanian sangat memengaruhi keberlanjutan produksi tanaman, kesehatan tanah, serta dampak terhadap lingkungan. Pupuk organik dan pupuk kimia memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing. Berikut adalah pembahasan mendalam mengenai manfaat, efektivitas, dan perbandingan keduanya disertai contoh penerapannya di lapangan.

Pupuk organik, seperti kompos, pupuk kandang, atau bokashi, mengandung unsur makro (N, P, K) dalam jumlah yang relatif rendah dibandingkan pupuk kimia. Pupuk organik memiliki beberapa keunggulan, antara lain pengurangan risiko pencemaran lingkungan, peningkatan kesuburan tanah, dan peningkatan keberlanjutan sistem pertanian (Siregar, 2023). Namun, nutrisi dalam pupuk organik dilepaskan secara perlahan melalui proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah. Pola pelepasan ini memastikan tanaman mendapatkan suplai nutrisi secara berkelanjutan tanpa risiko kejenuhan atau pencucian. Sebagai contoh, penggunaan bokashi pada tanaman padi tidak hanya memberikan nitrogen tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah karena aktivitas mikroorganisme pengurai.

Pupuk kimia seperti urea, TSP, atau KCl menyediakan nutrisi dalam bentuk langsung yang cepat tersedia bagi tanaman. Contohnya, urea mengandung nitrogen 46%, yang langsung dapat diserap akar. Meskipun ini efektif untuk kebutuhan mendesak, kelebihannya mudah tercuci oleh air hujan atau irigasi, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Berikut adalah contoh perbandingan kasus terkait pupuk organik maupun pupuk kimia terhadap aktivitas mikroorganisme tanah:

Pupuk Organik: Pupuk organik memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik, memperbaiki kapasitas tukar kation (CEC), dan meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air. Contoh nyata adalah penggunaan pupuk kandang pada lahan hortikultura, yang meningkatkan ketersediaan fosfor di tanah secara bertahap dan memperbaiki retensi air hingga 25% di tanah berpasir.

Pupuk Kimia: Sebaliknya, pupuk kimia hanya memberikan nutrisi tanpa menambah bahan organik. Penggunaan jangka panjang, terutama tanpa rotasi tanaman atau tambahan pupuk organik, dapat menyebabkan tanah menjadi keras dan padat. Contoh kasus adalah di wilayah Punjab, India, di mana penggunaan urea yang intensif menurunkan kandungan bahan organik tanah hingga 50% dalam dua dekade, menyebabkan penurunan produktivitas jangka panjang.

Berikut adalah kesimpulan perbandingan:

Aspek	Pupuk Organik	Pupuk Kimia
Kandungan Nutrisi	Nutrisi dilepaskan perlahan, mendukung jangka panjang	Nutrisi langsung tersedia, cocok untuk kebutuhan cepat
Kesuburan Tanah	Memperbaiki struktur dan retensi air	Cenderung merusak struktur tanah dalam jangka panjang
Dampak Mikroorganisme	Mendukung keberagaman mikroorganisme tanah	Dapat merusak populasi mikroorganisme
Dampak Lingkungan	Ramah lingkungan, rendah risiko pencemaran	Risiko pencemaran air tanah tinggi
Biaya dan Keberlanjutan	Biaya lebih rendah jika bahan tersedia lokal	Lebih mahal, ketergantungan pasar global

3. Efisiensi Penggunaan Nutrisi

Efisiensi penggunaan nutrisi adalah salah satu faktor penting dalam menentukan keberlanjutan praktik pertanian. Pupuk organik dan pupuk kimia memiliki mekanisme pelepasan nutrisi yang berbeda, yang memengaruhi tingkat serapan oleh tanaman, dampaknya terhadap lingkungan, dan manfaat jangka panjang bagi tanah.

Pupuk organik, seperti kompos, pupuk kandang, atau bokashi, melepaskan nutrisi secara perlahan melalui proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah. Proses ini berlangsung secara bertahap, sehingga nutrisi tersedia dalam jangka waktu yang lebih lama dan sesuai dengan kebutuhan tanaman selama masa pertumbuhannya. Sebagai contoh, penggunaan kompos jerami padi pada tanaman hortikultura menyediakan nitrogen dan fosfor secara perlahan, mendukung pertumbuhan berkelanjutan tanpa menyebabkan kelebihan nutrisi yang dapat merusak tanaman.

Sebaliknya, pupuk kimia seperti urea, TSP, atau KCl memberikan nutrisi dalam bentuk yang langsung tersedia untuk diserap oleh tanaman. Nutrisi ini dilepaskan dengan cepat, yang efektif untuk kebutuhan mendesak tanaman, tetapi memiliki kelemahan dalam efisiensi. Sebagian besar nutrisi dari pupuk kimia, seperti nitrogen dalam bentuk nitrat, mudah hilang karena pencucian (leaching) ke lapisan tanah yang lebih dalam atau menguap ke atmosfer dalam bentuk gas amonia. Contohnya, pada lahan jagung dengan irigasi intensif, lebih dari 30% nitrogen dari pupuk urea dapat hilang karena pencucian, mengurangi efisiensi penggunaannya.

Berikut adalah studi kasus yang pernah dilakukan terkait efisiensi nutrisi dalam sistem pertanian berkelanjutan:

Pupuk Organik: Penelitian di Jepang menunjukkan bahwa penggunaan kompos pada lahan padi meningkatkan efisiensi serapan nitrogen hingga 85%, dengan hasil panen yang konsisten selama lima tahun. Selain itu, kandungan



bahan organik tanah meningkat hingga 30%, memperbaiki struktur dan kapasitas tanah untuk menyimpan air.

Pupuk Kimia: Sebaliknya, studi di India menemukan bahwa lahan gandum yang hanya mengandalkan pupuk kimia mengalami penurunan produktivitas sebesar 10% setelah tiga musim tanam berturut-turut. Hal ini disebabkan oleh hilangnya bahan organik tanah dan peningkatan salinitas akibat penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus.

Di bawah ini adalah kesimpulan dari perbandingan pupuk organik dengan pupuk kimia yang di mana pupuk organik lebih mendukung keberlanjutan sistem pertanian:

Aspek	Pupuk Organik	Pupuk Kimia
Pola Pelepasan Nutrisi	Lambat, berkelanjutan, sesuai kebutuhan tanaman	Cepat, tidak terkendali, rentan hilang
Efisiensi Serapan	Tinggi, karena nutrisi tersedia sesuai waktu	Rendah, banyak yang hilang melalui pencucian dan penguapan
Dampak Jangka Panjang	Meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanah	Merusak struktur tanah, menurunkan kualitas tanah
Dampak Lingkungan	Ramah lingkungan, rendah pencemaran	Berisiko tinggi mencemari air dan menyebabkan eutrofikasi

Dengan keunggulan dalam efisiensi serapan nutrisi, dampak positif terhadap tanah, dan dukungan terhadap siklus ekologi, pupuk organik menjadi pilihan yang lebih baik untuk pertanian berkelanjutan. Kombinasi penggunaan pupuk organik dengan teknik konservasi tanah, seperti rotasi tanaman dan penanaman tanaman penutup tanah, dapat memberikan hasil optimal sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem pertanian.

C. Kontribusi Pengolahan Lahan dan Pupuk Organik Terhadap Keberlanjutan Ekosistem Pertanian

Keberlanjutan dalam sistem pertanian merupakan tantangan besar di tengah meningkatnya permintaan pangan global dan dampak negatif dari praktik pertanian intensif. Salah satu cara untuk mencapai keberlanjutan tersebut adalah melalui pengelolaan lahan yang bijaksana dan penggunaan pupuk organik. Dalam konteks ini, pengelolaan lahan yang baik termasuk rotasi tanaman, konservasi tanah, dan peningkatan kandungan bahan organik mendukung tidak hanya hasil pertanian yang stabil, tetapi juga menjaga kesehatan ekosistem pertanian secara keseluruhan. Pupuk organik memainkan peran krusial dalam mendukung kesehatan tanah dan memastikan produktivitas jangka panjang. Pembahasan ini akan mengulas bagaimana pengelolaan lahan yang tepat dan penggunaan pupuk

organik berkontribusi terhadap keberlanjutan ekosistem pertanian.

1. Pengelolaan Lahan yang Baik untuk Keberlanjutan Ekosistem Pertanian

Pengelolaan lahan yang baik adalah landasan utama dalam menciptakan pertanian yang berkelanjutan. Salah satu prinsip utama pengelolaan lahan adalah menjaga keseimbangan ekosistem tanah melalui penggunaan teknik yang tidak hanya mendukung produksi tanaman tetapi juga melindungi keragaman hayati dan kesehatan tanah. Pengelolaan lahan yang baik mencakup berbagai praktik seperti rotasi tanaman, penggunaan tanaman penutup tanah, pengendalian erosi, dan pemupukan yang tepat. Rotasi tanaman adalah salah satu cara terbaik untuk mencegah penurunan kesuburan tanah dan meminimalkan ancaman hama dan penyakit. Praktik ini memastikan bahwa tanah tidak terus-menerus mengeluarkan unsur hara yang sama, yang bisa menyebabkan kekurangan nutrisi tertentu. Selain itu, rotasi tanaman dengan legum yang mengikat nitrogen dapat meningkatkan kandungan nitrogen di tanah, yang sangat penting bagi kesuburan tanah tanpa memerlukan pupuk kimia sintetis.

2. Pengelolaan Tanah untuk Mencegah Erosi dan Degradasi

Erosi tanah merupakan salah satu masalah utama dalam pertanian intensif yang dapat merusak produktivitas tanah dalam jangka panjang. Pengelolaan tanah yang baik bertujuan untuk mencegah erosi dan degradasi lainnya dengan memanfaatkan teknik konservasi seperti penanaman tanaman penutup tanah, penggunaan terasering, dan pemeliharaan vegetasi penahan angin. Tanaman penutup tanah, seperti legum atau tanaman rerumputan, dapat mencegah pengikisan permukaan tanah, mengurangi kehilangan nutrisi, dan meningkatkan struktur tanah. Contoh penerapan pengelolaan tanah untuk mencegah erosi adalah penggunaan tanaman penutup di kebun kopi di daerah pegunungan. Tanaman ini memperbaiki struktur tanah, memperlambat aliran air hujan yang dapat menyebabkan erosi, serta menjaga keseimbangan nutrisi tanah.

3. Pentingnya Pupuk Organik dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan

Pupuk organik memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung keberlanjutan ekosistem pertanian. Dibandingkan dengan pupuk kimia yang lebih bersifat sementara, pupuk organik memberikan manfaat jangka panjang dengan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air, dan mendukung keberagaman mikroorganisme tanah. Pupuk organik tidak hanya memberikan nutrisi bagi tanaman tetapi juga meningkatkan kualitas tanah secara keseluruhan, yang penting untuk pertanian berkelanjutan. Contohnya, penggunaan kompos pada kebun sayuran dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah hingga 20% dalam beberapa musim tanam. Hasilnya, tanah menjadi lebih subur dan lebih mudah mengatur kadar air, yang



penting untuk pertumbuhan tanaman yang optimal, terutama di musim kemarau.

4. Pupuk Organik dalam Memperbaiki Struktur Tanah dan Kesehatan Tanah

Penggunaan pupuk organik, seperti kompos atau pupuk kandang, dapat memperbaiki struktur tanah secara signifikan. Tanah yang kaya akan bahan organik memiliki kapasitas tukar kation (CEC) yang lebih tinggi, yang berarti tanah dapat menyimpan lebih banyak nutrisi penting bagi tanaman. Bahan/pupuk organik memperbaiki kapasitas menahan air, kemandapan agregat dan kegemburan tanah, sehingga akar tanaman padi leluasa menjelajah serta menyerap air dan hara esensial yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (Anicetus Wihardjaka, n.d.). Selain itu, bahan organik meningkatkan stabilitas agregat tanah, yang mengarah pada peningkatan aerasi dan penetrasi akar tanaman. Sebagai contoh, pada lahan pertanian yang terdegradasi di Amerika Latin, penggunaan pupuk organik berhasil meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air dan memperbaiki tekstur tanah, yang secara langsung meningkatkan hasil pertanian dalam jangka panjang.

Sebuah studi kasus di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan sistem pertanian berkelanjutan yang menggabungkan rotasi tanaman, penggunaan pupuk organik, dan teknik konservasi tanah berhasil meningkatkan hasil panen padi hingga 30% dalam tiga tahun berturut-turut. Selain itu, praktik ini juga memperbaiki struktur tanah dan mengurangi erosi, yang penting untuk keberlanjutan jangka panjang. Pengelolaan lahan yang baik dan penggunaan pupuk organik memberikan kontribusi signifikan terhadap keberlanjutan ekosistem pertanian. Dengan memperbaiki kualitas tanah, mendukung keanekaragaman hayati, dan mengurangi dampak lingkungan, kombinasi ini menjadi pilar utama dalam membangun sistem pertanian yang produktif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Implementasi praktik-praktik ini harus terus didorong untuk memastikan keberlanjutan produksi pangan global dan perlindungan terhadap ekosistem pertanian.

KESIMPULAN

Pertanian berkelanjutan merupakan solusi utama untuk menghadapi tantangan global terkait ketahanan pangan dan pelestarian lingkungan. Melalui pengelolaan lahan yang bijaksana dan penggunaan pupuk organik, sistem pertanian dapat mendukung keberlanjutan ekosistem secara lebih efektif. Dalam jurnal ini, telah dibahas berbagai aspek penting mengenai pemanfaatan lahan dengan sistem pengolahan yang baik dan penggunaan pupuk organik, yang secara keseluruhan berkontribusi pada pengembangan pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pada pembahasan pertama, terkait dengan teknik dan prinsip pengolahan lahan yang baik, dijelaskan bahwa rotasi tanaman, pengolahan minimum, dan agrofosteri dapat membantu meningkatkan kualitas tanah serta mengurangi kerusakan lingkungan. Pengelolaan lahan yang baik tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga menjaga keberagaman hayati dan keberlanjutan ekosistem tanah dalam jangka panjang.

Pembahasan kedua menggarisbawahi manfaat dan efektivitas pupuk organik dibandingkan dengan pupuk kimia. Pupuk organik terbukti lebih ramah lingkungan, lebih efisien dalam mengelola nutrisi tanah, dan dapat meningkatkan kualitas tanah secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk organik membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang dapat merusak ekosistem dan mencemari lingkungan, sementara pupuk kimia memberikan dampak yang lebih cepat namun berisiko terhadap kesehatan tanah dan ekosistem. Pada bagian ketiga, kontribusi pengelolaan lahan dan pupuk organik terhadap keberlanjutan ekosistem pertanian ditekankan. Penggunaan pupuk organik mendukung kesehatan tanah dengan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air, dan mendukung kehidupan mikroorganisme tanah yang bermanfaat.

Pengelolaan lahan yang berkelanjutan, seperti rotasi tanaman dan konservasi tanah, berfungsi untuk mengurangi erosi dan memastikan produktivitas tanah yang berkelanjutan. Selain itu, pengelolaan tanah yang baik dengan rotasi tanaman dan penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan ketahanan ekosistem pertanian terhadap perubahan iklim dan ancaman dari hama atau penyakit. Teknik-teknik ini juga berperan dalam mengurangi ketergantungan pada bahan kimia, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan pupuk organik tidak hanya mendukung keberlanjutan ekosistem tetapi juga mendukung ketahanan pangan jangka panjang. Secara keseluruhan, penerapan pengelolaan lahan yang baik dan penggunaan pupuk organik dalam sistem pertanian berkelanjutan adalah langkah penting untuk menciptakan pertanian yang lebih ramah lingkungan, efisien, dan produktif. Implementasi yang lebih luas dari kedua praktik ini akan mendukung pertanian yang berkelanjutan, meningkatkan kualitas hidup petani, serta menjaga keberlanjutan ekosistem pertanian bagi generasi mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). *Agroecology: Transitioning to sustainable food systems* (2nd ed.). CRC Press.
- Anicetus Wihardjaka, n.d. *Dukungan Pupuk Organik untuk Memperbaiki Kualitas Tanah pada Pengelolaan Padi Sawah Ramah Lingkungan*.
- Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B., & Kimetu, J. (2007). Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agroecosystems. *Agricultural Systems*, 94(1), 13–25. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.08.011>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils* (14th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.



- Campbell, C. A., & Zentner, R. P. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Efendi, E., 2016. Implementasi Sistem Pertanian Berkelanjutan dalam Mendukung Produksi Pertanian. *J. War.* 47, 1689–1699.
- Gliessman, S. R. (2014). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (3rd ed.). CRC Press.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Beaton, J. D., & Nelson, W. L. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th ed.). Pearson Education.
- Hilmi, A. (2012). *Organic agriculture for sustainable livelihoods*. Rome: FAO.
- Lal, R. (2020). *Sustainable agriculture and climate change*. Springer.
- Liu, X., Herbert, S. J., Hashemi, A. M., Zhang, X., & Ding, G. (2006). Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation. *Plant and Soil*, 302(1–2), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-0146-0>
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694–1697. <https://doi.org/10.1126/science.1071148>
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447–465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
- Roidah, I.S., 2013. Manfaat Penggunaan Pupuk Organik Untuk Kesuburan Tanah 1.
- Schils, R. L. M., Kuikman, P. J., Liski, J., et al. (2008). Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. *Soil Use and Management*, 24(3), 327–340. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00153.x>
- Singh, B. P., Cowie, A. L., & Smernik, R. J. (2012). Biochar carbon stability in a clayey soil as a function of feedstock and pyrolysis temperature. *Environmental Science & Technology*, 46(21), 11770–11778. <https://doi.org/10.1021/es302545b>
- Siregar, F.A., 2023. Penggunaan Pupuk Organik Dalam Meningkatkan Kualitas Tanah Dan Produktivitas Tanaman. *Jurnal* 1–11.
- Suprihatin, A., Amirullah, J., 2020. Pengaruh Pola Rotasi Tanaman terhadap Perbaikan Sifat Tanah Sawah Irigasi. *J. Sumberd. Lahan* 12, 49.
- Sylvia, D. M., Fuhrmann, J. J., Hartel, P. G., & Zuberer, D. A. (2005). *Principles and applications of soil microbiology* (2nd ed.). Pearson.
- Tinambunan, E., Setyobudi, L., Suryanto, A., 2014. Penggunaan beberapa Jenis Mulsa terhadap Produksi Baby Wortel (*Daucus carota* L.) Varietas Hibrida. *J. Produksi Tanam.* 2, 25–30.
- Tivy, J. (1990). *Agricultural ecology*. Longman.
- Widianto, Hairiah, K., Suharjo, D., Sardjono, M. a, 2003. Fungsi dan peran agroforestri. *World Agrofor. Cent.* 3, 1–49.
- Xia, L., Lam, S. K., Chen, D., Wang, J., Tang, Q., & Yan, X. (2017). Can knowledge-based N management produce more staple grain with lower greenhouse gas emission and reactive nitrogen pollution? A meta-analysis. *Global Change Biology*, 23(5), 1917–1925. <https://doi.org/10.1111/gcb.13536>