

INTRODUKSI TEKNOLOGI BIOCHAR UNTUK MEMPERBAIKI LAHAN KRITIS MILIK PETANI WILAYAH MAGERSARI DI KABUPATEN TUBAN, PROPINSI JAWA TIMUR

Widowati^{1*}, Agnes Quartina Pudjiastuti², Ana Arifatus Sa'diyah²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang, Indonesia

²Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: widwidowati@gmail.com

Abstrak

Upaya meningkatkan produksi dan produktivitas lahan pertanian saat ini bukan hal yang mudah karena ketersediaan lahan pertanian yang relatif tetap, bahkan cenderung berkurang karena berbagai faktor. Salah satu alternatif yang bisa dilakukan dalam jangka pendek adalah memperbaiki kesuburan lahan tandus yang selama ini digunakan masyarakat petani sebagai sumber mata pencahariannya. Tujuan dari program pengabdian kepada masyarakat bagi mitra petani adalah mengintroduksi teknologi biochar untuk memperbaiki lahan kritis (tandus dan berbatu) dan mengevaluasi usahatani yang ada. Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut adalah penyuluhan dan pelatihan pembuatan biochar (teknologi), pemberian bantuan alat pembuatan biochar dan bibit tanaman, serta pendampingan kepada petani mitra di Desa Jetak, Kecamatan Montong, Kabupaten Tuban. Petani mulai memahami teknologi biochar dan manfaatnya bagi usahatani di lahan kritis, menggunakan teknologi biochar, dan manajemen usahatani berbasis teknologi biochar. Petani telah sadar bahwa aplikasi biochar dapat menurunkan biaya usahatani karena dibuat dari limbah pertanian yang tersedia berlimpah. Alat produksi biochar relatif murah dan terjangkau bagi petani yang ingin memperbaiki kondisinya yang kritis.

Kata kunci: Biochar; Lahan Kritis; Teknologi Sederhana.

Abstract

Efforts to increase production and productivity of agricultural land at this time is not easy because the availability of agricultural land is relatively fixed, and even tends to decrease due to various factors. One alternative that can be done in the short term is to improve the fertility of the barren land that has been used by the farming community as a source of livelihood. The aim of the community service program for farmer partners is to introduce biochar technology to improve critical land (barren and rocky) and evaluate existing farming. The methods used to achieve these objectives are counseling and training in making biochar (technology), providing assistance in making biochar tools and plant seeds, as well as assistance to partner farmers in Jetak Village, Montong District, Tuban District. Farmers are beginning to understand biochar technology and its benefits for farming on degraded land, using biochar technology, and farm management based on biochar technology. Farmers are aware that biochar application can reduce farming costs because it is made from abundant available agricultural waste. Biochar production equipment is relatively inexpensive and affordable for farmers who want to improve their critical land conditions.

Keywords: Appropriate Technology; Biochar; Critical Land.

1. PENDAHULUAN

Lahan kritis merupakan lahan tidak produktif yang lebih banyak terjadi akibat aktivitas manusia. Penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuannya akan menyebabkan kerusakan fisik, kimia maupun biologis tanah. Akibat selanjutnya, kesuburan tanah menjadi rendah sehingga tidak mampu menyangga kebutuhan produksi tanaman. Produksi tanaman yang lebih rendah dari kebutuhan masyarakat dalam jangka panjang akan menimbulkan perekonomian baik mikro maupun makro. Menurut (Pudjiastuti et al., 2013), Pudjiastuti (2014) dan (Pudjiastuti & Kembauw, 2018), produksi

(penawaran) yang rendah sementara permintaan tinggi akan menyebabkan terjadinya pemenuhan permintaan melalui impor dan hal ini akan mengganggu neraca perdagangan.

Lahan kritis memiliki kondisi lingkungan sangat beragam tergantung pada penyebab kerusakan lahan. Lahan kritis ditandai oleh rusaknya struktur tanah, menurunnya kualitas dan kuantitas bahan organik, defisiensi hara dan terganggunya siklus hidrologi. Kondisi tersebut perlu direhabilitasi dan ditingkatkan produktivitasnya agar lahan dapat kembali berfungsi

sebagai suatu ekosistem yang baik atau menghasilkan sesuatu yang bersifat ekonomis bagi manusia.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya lahan kritis adalah: 1) genangan air yang terus-menerus seperti di daerah pantai dan rawa-rawa, 2) kekeringan, biasanya terjadi di daerah bayangan hujan, 3) erosi tanah atau *masswasting* yang biasanya terjadi di daerah dataran tinggi, pegunungan, dan daerah miring lainnya, 3) pengelolaan lahan yang kurang memerhatikan aspek-aspek kelestarian lingkungan, 4) masuknya material yang dapat bertahan lama ke lahan pertanian, misalnya plastik. Plastik dapat bertahan 200 tahun di dalam tanah sehingga sangat mengganggu kelestarian lahan pertanian, 5) terjadinya pembekuan air, biasanya terjadi di daerah kutub atau pegunungan yang sangat tinggi, 6) masuknya zat pencemar (misal pestisida dan limbah pabrik) ke dalam tanah sehingga tanah menjadi tidak subur.

Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk memperbaiki lahan kritis di antaranya: 1) Menghilangkan unsur-unsur yang mengganggu kesuburan lahan pertanian, misalnya plastik. Dalam hal ini, proses daur ulang atau *recycling* sangat diperlukan. Proses daur ulang ini juga dapat menghemat SDA yang tidak dapat diperbarui (*non-renewable*). 2) Penghijauan kembali (reboisasi) daerah-daerah yang tandus, terutama di daerah pegunungan. 3) Melakukan reklamasi lahan bekas pertambangan yang biasanya sangat gersang. Umumnya ditanami jenis tumbuhan yang mampu hidup di daerah tersebut, misalnya pohon mindi. 4) Memanfaatkan tumbuhan eceng gondok guna menurunkan zat pencemar yang ada pada lahan pertanian. Eceng gondok dapat menyerap zat pencemar dan dapat dimanfaatkan untuk makanan ikan. Namun dalam hal ini pengelolaannya harus hati-hati karena eceng gondok sangat mudah berkembang sehingga dapat mengganggu lahan pertanian apabila pertumbuhannya tidak terkendali. 5) Pemupukan dengan pupuk organik atau alami yaitu pupuk kandang atau pupuk hijau secara tepat dan terus-menerus. 6) Tindakan yang tegas tetapi bersifat mendidik kepada siapa saja yang melakukan kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya lahan kritis. 7) Pengelolaan wilayah terpadu di wilayah lautan dan daerah aliran sungai (DAS). 8) Pengembangan keanekaragaman hayati dan pola pergiliran tanaman.

Upaya memperbaiki lahan kritis mendesak untuk dilakukan karena lahan pertanian yang subur semakin berkurang, sementara areal lahan kritis juga masih tergolong tinggi meskipun telah mulai berkurang. Data Direktorat Jenderal Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (PDASHL) menunjukkan luas lahan kritis di Indonesia terus menurun. Pada tahun 2018, lahan kritis di Indonesia tercatat seluas 14,01 juta hektar. Pada tahun ini, salah satu sumber penyebab bertambahnya area lahan kritis adalah kebakaran hutan dan lahan. Pemulihan lahan yang rusak ini memerlukan biaya sebesar Rp. 1,37 triliun (KLHK, 2018). Sebelumnya, pada tahun 2009, luas lahan kritis tercatat sebesar 30,1 juta hektar, dan tahun 2014 seluas 27,2 juta

hektar.

Ipteks bagi petani yang diintroduksi untuk memperbaiki kesuburan dan produktivitas tanah dalam jangka panjang adalah menambah bahan pembenah tanah berupa biochar/arang hayati. Biochar merupakan suatu padatan berpori yang kaya akan karbon dan dihasilkan dari pembakaran secara tidak sempurna dari limbah organik (biomassa). Biochar berwarna hitam dan berbeda dengan arang biasa yang digunakan sebagai bahan bakar. Biochar mengandung abu yang rendah dan karbon yang tinggi, sedangkan arang biasa mengandung abu yang tinggi dan kandungan karbonnya rendah. Biochar mempunyai stabilitas yang tinggi terhadap dekomposisi, bersifat alkali, tekstur berpori, halus, substansi yang menyerap, dan mengandung unsur hara esensial (terutama P dan K). Biochar memberi efek dalam jangka panjang dan lebih efisien dalam meningkatkan kualitas tanah. Berbeda dengan kompos atau pupuk kandang dapat meningkatkan sifat tanah dalam jangka pendek. Namun perbaikan sifat fisik tanah lebih baik menggunakan kombinasi jenis biochar dengan pupuk organik (Widowati et al., 2017).

Biochar merupakan bahan amandemen tanah yang sangat prospektif. Penggunaan biochar dapat memperbaiki sifat tanah dan ketersediaan unsur hara tanah dalam jangka panjang (Agegnehu et al., 2017). Penggunaan biochar dapat meningkatkan produktivitas tanah melalui perbaikan sifat fisika, kimia (Aslam et al., 2014), (Jien & Wang, 2013), (Li et al., 2018), (Mukherjee & Lal, 2013), (Shaaban et al., 2018), (Wu et al., 2017), biologi tanah (Hussain et al., 2017) dan perbaikan struktur tanah (Bista et al., 2019), (Cybulak et al., 2019) serta porositas tanah (Huang et al., 2020), (Liu et al., 2018). Aplikasi biochar sangat penting untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah asam (Dume et al., 2015). Beberapa hasil penelitian menemukan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air (Elbasher et al., 2018) dalam usahatani melon, pemupukan nitrogen (Widowati & Asnah, 2014). Aplikasi biochar pada media pertumbuhan meningkatkan kesuburan tanah (Hamzah & Shuhaimi, 2018), (Krishnakumar et al., 2014), (Videgain-Marco et al., 2020). Biochar dari sekam padi dan jerami dapat menghemat biaya kapur, pupuk, emisi gas rumah kaca terutama di lahan kritis (Jeffery et al., 2017), (Zhang et al., 2018). Studi terbaru menunjukkan bahwa biochar dan kapur dapat efektif untuk meningkatkan sifat fisikokimia tanah merah dan hasil gandum (Malik et al., 2018). Dengan demikian biochar memiliki manfaat yang sangat besar dan luas, terutama dalam memperbaiki kondisi lahan kritis agar menjadi lahan produktif. Oleh karena itu penting untuk mengenalkan teknologi biochar kepada petani yang melakukan usahatannya di lahan kritis.

Desa Jetak, Kecamatan Montong, Kabupaten Tuban seperti daerah lainnya di Kabupaten Tuban, sebagian besar lahan usahatani merupakan daerah tandus, berbatu dan mengandalkan air hujan. Ada dua petan muda yang tetap mengelola usahatannya meskipun lahan mereka

termasuk ke dalam kriteria lahan kritis yang berbatu. Para petani tersebut menjadi mitra karena karakteristik yang mereka miliki. Petani pertama memiliki lahan kritis seluas 1,1 hektar. Tanaman yang dikembangkan di lahan ini adalah jati emas yang berjumlah 1000 pohon yang telah berumur 13 tahun. Saat ini diameter pohon yang ditanam dengan jarak tanam 2 x 1 meter ini telah mencapai 25 cm. Dulu, pada saat tanaman jati emas masih tidak terlalu tinggi, petani mitra juga memberi kesempatan kepada beberapa petani lain untuk menggarap lahannya dengan membudidayakan tanaman pangan seperti jagung, kacang tanah dan ketela pohon. Saat ini, karena tanaman jati sudah relatif tinggi, maka tidak dimungkinkan lagi untuk mengusahakan tanaman pangan tersebut. Namun menurut salah satu petani, di antara tanaman jati dengan kondisi seperti sekarang ini, masih mungkin untuk ditanami suweg.

Petani kedua memiliki lahan kritis seluas 1 hektar. Tanaman yang dikembangkan di lahan ini adalah tanaman sawo sebanyak 500 pohon yang masih berumur 2 tahun. Tanaman sawo saat ini memiliki ketinggian sekitar 1 meter dengan jarak tanam 2 x 3 meter. Sebagian lahan juga ditanami pohon jati. Upaya memanfaatkan lahan tandus dengan tanaman jati memerlukan waktu yang lama. Setelah empat kali menanam pohon jati, baru kali yang keempat ini ada 300 pohon jati yang berhasil hidup. Petani ini juga memberi kesempatan kepada 5 (lima) petani lain untuk menggarap sebagian lahannya. Para petani ini menanam jagung dan kacang tanah.

Tulisan ini bertujuan untuk memberi informasi tentang pengelolaan limbah pertanian dengan teknologi biochar yang bermanfaat di bidang pertanian khususnya untuk memperbaiki lahan kritis yang ditanami tanaman pangan dan jati di wilayah Magersari Kabupaten Tuban.

2. BAHAN DAN METODE

Pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan melalui kegiatan penyuluhan, pelatihan, dan pemberian bantuan (investasi) kepada petani mitra di Desa Jetak, Kecamatan Montong, Kabupaten Tuban. Secara terinci, kegiatan tersebut meliputi:

- 1) Penyuluhan dan pelatihan tentang perbaikan lahan kritis, oleh beberapa pakar di bidang biochar dan tanah yang memberikan wawasan kepada petani sekaligus praktiknya tentang: pengertian dan manfaat biochar, pengenalan alat untuk membuat biochar, pembuatan biochar dan aplikasinya, evaluasi dan analisis kualitas lahan.
- 2) Penyuluhan dan pelatihan tentang budidaya lahan yang optimal dengan teknologi biochar: dalam kegiatan ini didatangkan beberapa pakar di bidang budidaya lahan yang akan memberikan wawasan kepada petani tentang budidaya lahan secara optimal sesuai kondisi lahan petani dengan teknologi biochar dan praktiknya.
- 3) Penyuluhan dan pelatihan tentang manajemen usahatani, dalam kegiatan ini didatangkan pakar agribisnis yang akan menjelaskan dan mempraktikkan tentang: pembukuan usahatani

secara sederhana, menganalisis kelayakan usahatani secara sederhana,

- 4) Memberikan bantuan bahan dan alat produksi untuk pembuatan biochar
- 5) Memberikan bantuan bibit tanaman sesuai lahan petani dan teknologi biochar.

Setelah penyuluhan dan pendampingan kepada mitra, akan ada perubahan dalam aspek: jumlah tanaman yang diusahakan, pemahaman petani tentang pengertian dan manfaat biochar, kemampuan petani membuat biochar, pembukuan usahatani, perencanaan usahatani dan ketrampilan lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal yang dilakukan setelah pertemuan dengan petani mitra adalah membuat studi kelayakan usahatani. Tanaman yang dikaji kelayakan usahanya secara finansial adalah tanaman jati (*Tectona grandis*) karena jenis tanaman ini dibudidayakan di lahan milik kedua mitra. Kajian ini menghasilkan kesimpulan bahwa usahatani tanaman jati layak untuk dikembangkan berdasarkan kriteria kelayakan. Keuntungan yang diperoleh selama 3 tahun (2015-2018) adalah Rp. 4,729,263.22. Penjualan minimum yang menghasilkan titik impas sebesar 125 pohon, dengan nilai penjualan impas sebesar Rp. 2.165.309,49. Usahatani ini akan lebih menguntungkan bila kesuburan tanahnya ditingkatkan dengan teknologi biochar (Widowati et al., 2018). Kegiatan selanjutnya berupa penyuluhan dan pelatihan tentang peningkatan kualitas produk dan manajemen usaha serta bantuan peralatan. Hasil pelaksanaan kegiatan tersebut dijelaskan berikut ini.

Penyuluhan, Pelatihan Pembuatan dan Aplikasi Biochar di Lahan Petani, Manajemen Usahatani

Penyuluhan dan pelatihan diberikan kepada kedua mitra yang melibatkan anggota kelompok tani salah satu mitra yang kebetulan adalah ketua kelompok tani Sanggabuana Desa Jetak. Materi penyuluhan dan pelatihan yang diberikan meliputi:

- a) Pengertian dan manfaat biochar bagi lahan kritis
- b) Pengenalan alat dan proses pembuatan biochar
- c) Aplikasi biochar dan budidaya tanaman yang optimal sesuai lahan petani
- d) Analisis kelayakan usahatani
- e) Pencatatan keuangan/pembukuan usahatani

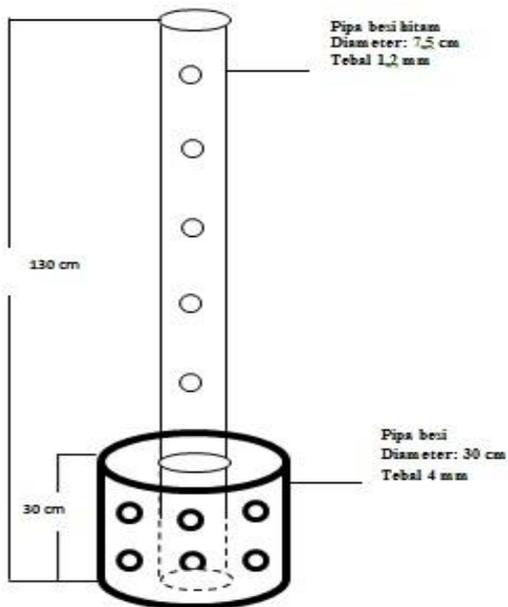
Dalam kegiatan ini diberikan bantuan peralatan pembuatan biochar dan bantuan bibit tanaman sesuai dengan keinginan dan lahan petani yaitu sawo, durian, kopi. Namun dalam kegiatan ini, diberikan bibit durian sesuai permintaan petani karena dianggap lebih sesuai dengan lokasi (ada petani lain yang telah menanam durian).

Penyuluhan dan pelatihan kepada mitra dan anggota kelompok tani lainnya yang bergabung dengan mitra diselenggarakan pada tanggal 11-12 Agustus 2018. Selanjutnya, petani mitra mencoba mengaplikasikan

biochar di lahannya dan menanam pepaya jenis California di dua media yaitu dengan biochar dan tanpa biochar. Petani melaporkan bahwa pertumbuhan dan produktivitas pepaya di lahan dengan biochar lebih baik dibandingkan pepaya yang ditanam di lahan tanpa biochar.

Bantuan Alat Pembuatan Biochar

Petani mitra mendapatkan bantuan berupa alat pembuatan biochar sederhana sebanyak 30 unit. Alat ini bisa dimanfaatkan oleh anggota kelompok tani peserta penyuluhan dan pelatihan yang ingin membuat biochar sendiri dan mengaplikasikannya di lahan mereka. Alat sederhana ini disketsakan di Gambar 1.



Gambar 1. Alat Sederhana Pembuatan Biochar

Alat pembuat biochar ini mengikuti rancangan alat pembuat biochar yang diproduksi BPTP Yogyakarta dengan modifikasi bahan yang lebih tahan lama seperti yang ditunjukkan dalam sketsa. Proses pembuatan alat ini sejumlah 30 unit memerlukan waktu dua minggu. Alat pembuat biochar dikirimkan kepada kedua mitra sebelum pelaksanaan penyuluhan dan pelatihan diselenggarakan. Pengiriman alat pembuat biochar dilakukan bersama dengan 75 bibit durian sebagai bagian dari bantuan yang diserahkan kepada mitra.

Proses pembuatan biochar adalah:

1. Menyediakan sekam, tongkol jagung (*jan gel*), kayu atau daun-daunan kering sebagai bahan baku biochar.
2. Menempatkan alat pembuatan biochar berbahan besi yang telah diisi bahan bakar (kayu bakar atau bahan bakar lainnya) di tempat yang terbuka.
3. Menimbun alat pembuatan biochar dengan bahan baku biochar.
4. Memanaskan bahan bakar yang telah dimasukkan dan menambahkannya bila panas mulai berkurang.
5. Membalik sekam (limbah lainnya) dengan hati-hati agar seluruh bahan baku terbakar secara merata sehingga seluruhnya berubah menjadi biochar.

6. Memisahkan alat dengan biochar sekam (limbah lainnya) jika semua bahan baku telah berubah menjadi arang (berwarna hitam).
7. Mengumpulkan biochar sekam (limbah lainnya) dan memasukkannya ke dalam karung.

Biaya proses pembuatan biochar ini sangat rendah (tidak ada biaya) karena bahan baku yang digunakan adalah limbah hasil produksi pertanian (sekam padi, tongkol jagung, daun jati kering). Bahan baku ini banyak tersedia di lokasi. Aplikasi biochar di lahan milik petani cukup dilakukan hanya sekali untuk memberikan manfaat dalam jangka waktu yang relatif sangat lama. Proses yang sangat sederhana juga dengan mudah bisa dilakukan petani.

Proses pembuatan biochar dalam kegiatan pelatihan disajikan dalam rangkaian Gambar 2-5. Gambar tersebut menunjukkan langkah/proses pembuatan biochar yang berurutan.



Gambar 2. Langkah 1

Alat pembuat biochar ditegakkan di tanah kemudian ditimbun dengan sekam padi yang akan diubah menjadi biochar. Bahan bakar berupa potongan kayu, daun-daun kering dan bahan lainnya dimasukkan melalui cerobong dan dibakar.



Gambar 3. Langkah 2

Menyalakan bahan bakar di dalam cerobong agar alat menjadi panas dan sekam padi berubah menjadi arang. Bila bahan bakar habis, maka ditambahkan bahan bakar kembali ke dalam cerobong.



Gambar 4. Langkah 3

Proses pengubahan sekam padi menjadi arang (biochar) terus berlangsung hingga seluruh sekam padi yang ada berubah menjadi arang (berwarna hitam). Sekam padi terus dibolak balik agar seluruhnya menjadi arang.



Gambar 5. Langkah 4

Sebagian besar sekam padi telah berubah menjadi biochar. Lama proses tergantung pada banyaknya sekam padi. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa proses pembakaran tiga karung sekam padi menjadi biochar membutuhkan waktu kurang lebih 3 jam.

Setelah sekam padi berubah menjadi biochar seluruhnya, maka biochar dibiarkan menjadi dingin terlebih dahulu. Selanjutnya, biochar dimasukkan ke dalam karung untuk diaplikasikan di lahan petani. Petani juga telah dilatih bagaimana cara mengaplikasikan biochar agar bisa memperbaiki lahan kritis menjadi lebih subur. Biochar sekam padi dicampur dengan pupuk kandang kemudian dimasukkan ke lahan petani dengan ukuran 100 kg per ha pada saat pengolahan tanah. Untuk bisa mengevaluasi perbaikan lahan, petani diminta untuk melakukan dua perlakuan yaitu menanam jagung di lahan yang diaplikasi biochar dan di lahan yang tidak diaplikasi biochar. Evaluasi kegiatan disajikan di Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi Hasil Kegiatan Penyuluhan dan Pelatihan.

No	Aspek	Sebelum	Sesudah
1	Jenis tanaman	≤ 2 jenis	> 2 jenis

2	Pengetahuan tentang biochar	Tidak ada (0%) petani yang mengetahui	Semua (100%) petani mengetahui
3	Pengenalan alat pembuatan biochar	Tidak ada (0%) petani yang mengenal	Semua (100%) petani mengenal
4	Proses pembuatan biochar	Tidak ada (0%) petani yang mengetahui	Semua (100%) petani mengetahui
5	Cara aplikasi biochar	Tidak ada (0%) petani yang mengetahui	Semua (100%) petani mengetahui
6	Pengetahuan tentang pembukuan usahatani sederhana	30 % petani memahami	100 % petani memahami
7	Pengetahuan tentang analisis kelayakan usahatani	10% petani memahami	100% petani memahami
8	Investasi alat pembuatan biochar	Tidak ada	30 alat

Sumber: Data primer, diolah.

Sulitnya melakukan monitoring dan memperoleh informasi tentang kondisi lahan kritis milik petani, akan lebih baik dan mudah bila ada penguatan kapasitas pemerintah Desa Jetak berbasis teknologi informasi seperti yang dilakukan (Dako & Ilham, 2019). Hal ini akan memudahkan dalam memilih petani mitra yang lebih banyak dalam kegiatan abdimas selanjutnya.

4. KESIMPULAN

Teknologi biochar merupakan upaya untuk mengelola limbah pertanian secara mudah, murah, dan terjangkau bagi masyarakat. Penerapan biochar di lahan kritis sangat bermanfaat untuk memperbaiki kualitas lahan kritis yang ditanami tanaman pangan dan jati di wilayah Magersari Kabupaten Tuban. Perubahan biomasa (limbah pertanian) menjadi biochar dengan teknologi yang sederhana dan aplikasinya di lahan kritis dapat meningkatkan produktivitas tanaman pangan. Di masa mendatang diharapkan semakin banyak limbah pertanian yang dijadikan biochar. Penerapan biochar berimplikasi pada peningkatan produktivitas tanaman dan lahan-lahan suboptimal. Keunggulan biochar sebagai bahan pembenah tanah yang relatif tahan terhadap dekomposisi bahan organik akan mendukung keberlanjutan sistem produksi tanaman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada DRPM Ristekdikti yang telah mendanai kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dan LPPM Universitas Tribhuwana Tunggaladewi. Secara khusus, ucapan terimakasih juga disampaikan kepada petani mitra dan perangkat Desa Jetak Kecamatan Montong Kabupaten Tuban yang telah berkontribusi besar sehingga kegiatan pengabdian kepada masyarakat bisa terselenggara dengan baik dan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Agegnehu, G., Srivastava, A. K., & Bird, M. I. (2017). The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. *Applied Soil Ecology*, *119*(June), 156–170. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.008>
- Aslam, Z., Khalid, M., & Aon, M. (2014). Impact of Biochar on Soil Physical Properties. *Scholarly Journal of Agricultural Science*, *4*(5), 280–284. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02044.x>. Novak
- Bista, P., Ghimire, R., Machado, S., & Pritchett, L. (2019). Biochar Effects on Soil Properties and Wheat Biomass vary with Fertility Management. *Agronomy*, *9*(623), 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100623>
- Cybulak, M., Sokolowska, Z., & Boguta, P. (2019). Impact of Biochar on Physicochemical Properties of Haplic Luvisol Soil under Different Land Use: Experiment, A Plot. *Agronomy*, *9*(531), 16.
- Dako, A. Y., & Ilham, J. (2019). Penguatan Kapasitas Pemerintah Desa Dunggala Kecamatan Tibawa Menuju Desa Berbasis Information and Communication Technology. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *25*(3), 144. <https://doi.org/10.24114/jpkm.v25i3.14605>
- Dume, B., Berecha, G., & Tulu, S. (2015). Characterization of Biochar Produced at Different Temperatures and its Effect on Acidic Nitosol of Jimma, Southwest Ethiopia. *International Journal of Soil Science*, *10*(2), 63–73. <https://doi.org/10.3923/ijss.2015.63.73>
- Elbasher, M. M. A., Xiaohou, S., Ali, A. A. S., & Mohammed, A. (2018). Effect of digestate and biochar amendments on photosynthesis rate, growth parameters, water use efficiency, and yield of Chinese Melon (*Cucumis melo* L.) under saline irrigation. *Agronomy*, *8*(22), 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy8020022>
- Hamzah, Z., & Shuhaimi, S. N. A. (2018). Biochar: Effects on crop growth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *215*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/215/1/012011>
- Huang, L., Gu, M., Yu, P., Zhou, C., & Liu, X. (2020). Biochar and vermicompost amendments affect substrate properties and plant growth of basil and tomato. *Agronomy*, *10*(2), 12. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020224>
- Hussain, M., Farooq, M., Nawaz, A., Al-Sadi, A. M., Solaiman, Z. M., Alghamdi, S. S., Ammara, U., Ok, Y. S., & Siddique, K. H. M. (2017). Biochar for crop production: potential benefits and risks. In *Journal of Soils and Sediments* (Vol. 17, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1360-2>
- Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A. C., Van Groenigen, J. W., Hungate, B. A., & Verheijen, F. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters*, *12*(5). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa67bd>
- Jien, S. H., & Wang, C. S. (2013). Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena*, *110*(November 2013), 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.021>
- KLHK. (2018). Status Hutan dan Kehutanan Indonesia 2018. *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*.
- Krishnakumar, S., Rajalakshmi, A. G., Bala ganesh, B., Manikandan, P., Vinoth, C., & Rajendran, V. (2014). Impact of Biochar on Soil Health. *International Journal of Advanced Research*, *2*(4), 933–950.
- Li, Y., Hu, S., Chen, J., Müller, K., Li, Y., Fu, W., Lin, Z., & Wang, H. (2018). Effects of biochar application in forest ecosystems on soil properties and greenhouse gas emissions: a review. *Journal of Soils and Sediments*, *18*(2), 546–563. <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1906-y>
- Liu, Y., Lonappan, L., Brar, S. K., & Yang, S. (2018). Impact of biochar amendment in agricultural soils on the sorption, desorption, and degradation of pesticides: A review. *Science of the Total Environment*, *645*(September), 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.099>
- Malik, Z., Yutong, Z., ShengGao, L., Abassi, G. H., Ali, S., Imran khan, M., Kamran, M., Jamil, M., Al-Wabel, M. I., & Rizwan, M. (2018). Effect of biochar and quicklime on the growth of wheat and physicochemical properties of Ultisols. *Arabian Journal of Geosciences*, *11*(17), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3863-1>
- Mukherjee, A., & Lal, R. (2013). Biochar Impacts on Soil Physical Properties and Greenhouse Gas Emissions. *Agronomy*, *3*(2), 313–339. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020313>
- Pudjiastuti, A. Q. (2014). Perubahan Neraca Perdagangan Indonesia Sebagai Akibat Penghapusan Tarif Impor Gula. *Agriekonomika*, *3*(2), 106–116.
- Pudjiastuti, A. Q., Anindita, R., Hanani, N., & Kaluge, D. (2013). Effects of Sugar Price Increase in Indonesia. *Oeconomica*, *58*(1), 28–39. <https://doi.org/http://studioeconomica.ubbclujr.o/volumes.html>
- Pudjiastuti, A. Q., & Kembauw, E. (2018). Sugar Price Policy and Indonesia's Trade Balance. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, *8*(8). [https://doi.org/10.14505/jarle.v8.8\(30\).26](https://doi.org/10.14505/jarle.v8.8(30).26)

- Shaaban, M., Van Zwieten, L., Bashir, S., Younas, A., Núñez-Delgado, A., Chhajro, M. A., Kubar, K. A., Ali, U., Rana, M. S., Mehmood, M. A., & Hu, R. (2018). A concise review of biochar application to agricultural soils to improve soil conditions and light pollution. *Journal of Environmental Management*, 228(September), 429–440.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.006>
- Videgain-Marco, M., Marco-Montori, P., Martí-Dalmau, C., del Carmen Jaizme-Vega, M., Manyà-Cervelló, J. J., & García-Ramos, F. J. (2020). Effects of biochar application in a sorghum crop under greenhouse conditions: Growth parameters and physicochemical fertility. *Agronomy*, 10(104), 17.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10010105>
- Widowati, & Asnah. (2014). Biochar Can Enhance Potassium Fertilization Efficiency and Economic Feasibility of Maize Cultivation. *Journal of Agricultural Science*, 6(2), 24–32.
<https://doi.org/10.5539/jas.v6n2p24>
- Widowati, Pudjiastuti, A. Q., & Sa'diyah, A. A. (2018). Kelayakan Usaha Tanaman Jati. *Agribisnis Dan Pengembangan Ekonomi Perdesaan V*, 153–159.
- Widowati, Sutoyo, Iskandar, T., & Karamina, H. (2017). Characterization of biochar combination with organic fertilizer: the effects on the physical properties of some soil types. *Bioscience Research*, 14(4), 955–965. www.isisn.org
- Wu, S., He, H., Inthapanya, X., Yang, C., Lu, L., Zeng, G., & Han, Z. (2017). Role of biochar on composting of organic wastes and remediation of contaminated soils—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(20), 16560–16577. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9168-1>
- Zhang, Y., Liu, Y., Zhang, G., Guo, X., Sun, Z., & Li, T. (2018). The effects of rice straw and biochar applications on the microbial community in a soil with a history of continuous tomato planting history. *Agronomy*, 8(5), 13.
<https://doi.org/10.3390/agronomy8050065>

