

BUKU

**SINERGISME BIOCHAR
KOTORAN DOMBA
SEBAGAI PEMBENAH
TANAH**

Penulis :

Susila Herlambang

Danang Yudhiantoro

Muammar Gomareuzzaman

Indriana Lestari



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL
"VETERAN" YOGYAKARTA

BUKU

Sinergisme Biochar Kotoran Domba sebagai Pembenhah Tanah

Penulis :

Susila Herlambang

Danang Yudhiantoro

Muammar Gomareuzzaman

Indriana Lestari

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”

Yogyakarta

Sinergisme Biochar Kotoran Domba sebagai Pembenh Tanah

Penulis: Susila Herlambang

Danang Yudhiantoro

Muammar Gomareuzzaman

Indriana Lestari

Copyright © 2023, pada penulis

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan

lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

Diterbitkan oleh:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

UPN Veteran Yogyakarta

Jl. Pajajaran (Lingkar Utara), Condongcatur , Yogyakarta, 55283

Telp. (0274) 486188,486733, Fax. (0274) 486400

e-mail: lppm@upnyk.ac.id.

ISBN : 978-623-389-255-1

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	- 1 -
1.1. Latar Belakang.....	- 2 -
1.2. Tujuan.....	- 6 -
1.3. Sistematika Penulisan Buku.....	- 7 -
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	- 9 -
2.1. Lingkungan Hidup.....	- 10 -
2.2. Sampah.....	- 12 -
2.3. Biochar	- 16 -
2.3.1. Karakteristik Biochar.....	- 21 -
2.3.2. Biochar dan Manfaatnya	- 22 -
2.3.3. Bahan Baku Biochar.....	- 25 -
2.3.4. Fungsi Biochar	- 27 -
2.4. Pembena Tanah.....	- 34 -
2.5. Tanah Marginal.....	- 35 -
2.6. Kotoran Kambing.....	- 36 -
2.7. Klasifikasi Tanaman Pangan.....	- 40 -
BAB III PEMBUATAN BIOCHAR	- 43 -
3.1. Mesin Pembuat Biochar	- 45 -
3.2. Cara Kerja Mesin Pembuat Biochar	- 48 -
BAB IV INOVASI PEMBENA TANAH	- 50 -
4.1. Konsep Dasar Pemanfaatan Pembena Tanah.....	- 52 -

4.2.	Prinsip Pemanfaatan Pembenh Tanah.....	- 55 -
4.3.	Parameter Pemilihan Pembenh Tanah	- 59 -
4.4.	Pembenh Tanah Organik	- 62 -
4.4.1.	Pupuk Kandang.....	- 62 -
4.4.2.	Biochar	- 63 -
BAB V.	PENUTUP	- 68 -
GLOSARIUM	- 75 -
TENTANG PENULIS	- 77 -

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pertanian Berkelanjutan (Sustainable agriculture)	3 -
Gambar 2 Biochar.....	5 -
Gambar 3 Limbah Tempurung Kelapa	15 -
Gambar 4 Biochar jika dilihat dengan mikroskop	18 -
Gambar 5 Produk Biochar Kasar.....	20 -
Gambar 6 Klasifikasi bahan penyubur tanah	35 -
Gambar 7 Jenis Tanah Marginal (Entisol)	36 -
Gambar 8 Tabung Pembakaran Rotary Drum Pyrolizer (RDP)	45 -
Gambar 9 Tuas dan Pengatur Suhu Rotary Drum Pyrolizer	46 -
Gambar 10 Rotary Drum Pyrolizer (RDP) dengan Penutup	47 -
Gambar 11 Sumber Pembakaran	48 -
Gambar 12 Biochar kasar dan halus	49 -
Gambar 13 Bahan organik tanah (BOT).....	53 -
Gambar 14 Klasifikasi Pembena Tanah	56 -
Gambar 15 Soil ameliorant.....	57 -
Gambar 16 Soil Organic Carbon	60 -
Gambar 17 Persiapan pupuk kandang.....	62 -
Gambar 18 Proses pirolisis biomassa	65 -

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Karakteristik Biochar sebagai bahan penyubur tanah ...-	23 -
Tabel 2 Estimasi Jumlah Biomasa Pertanian dan Potensinya Sebagai Bahan Baku Biochar di Indonesia	- 26 -

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul Sinergisme Biochar Kotoran Domba sebagai Pembenh Tanah.

Buku ini berisi informasi tentang inovasi teknologi dan informasi yang berkaitan dengan upaya perbaikan kondisi lingkungan dalam hal ini fungsi tanah dengan menggunakan bahan tambahan organik sebagai pembenh tanah dengan tidak menggunakan bahan kimia yang dapat memberikan dampak buruk terhadap kondisi lingkungan. Dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas lingkungan sebagai kawasan budidaya tanaman pangan.

Harapan penulis, buku ini dapat memberikan informasi dalam bidang inovasi lingkungan khususnya yang terkait dengan sektor pertanian tanaman pangan dengan menggunakan produk ramah lingkungan: Biochar dan kotoran domba. Penulis mengucapkan terimakasih kepada banyak pihak yang telah terlibat dan membantu dalam penyusunan dan penyelesaian buku ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan buku ini. Kekurangan yang ada akan menjadi cambuk untuk melaksanakan perbaikan dalam penulisan buku kegiatan yang lebih baik di masa yang akan datang. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi sivitas akademika, dosen, mahasiswa dan masyarakat di masa sekarang maupun yang akan datang.

Yogyakarta, Agustus 2023

Salam Hormat,

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang alasan mengapa buku ini dibuat, tujuan dari penelitian dan pembuatan buku, serta sistematika penulisan buku yang sesuai dengan kaidah penulisan buku ajar.

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia upaya pengembangan pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) merupakan salah satu alternatif inovasi dan solusi untuk meraih ketahanan pangan nasional serta terwujudnya kemandirian pangan. Inovasi sistem pertanian yang dilakukan, dituntut mampu memberikan manfaat berkelanjutan untuk mengelola sumber daya di bidang pertanian dalam upaya memenuhi kebutuhan utama manusia, serta perlindungan dan pengelolaan sumber daya alam sehingga kualitas lingkungan dapat ditingkatkan dan dipertahankan diwaktu yang bersamaan. Fokus utama dalam tahapan mewujudkan pertanian berkelanjutan adalah pada prediksi akan situasi dan kondisi yang mungkin terjadi di masa mendatang, misalnya kurangnya sumber daya lingkungan akibat aktivitas ekonomi-politik yang memberikan dampak ke berbagai aspek kehidupan, pertumbuhan jumlah

penduduk yang senantiasa mengalami peningkatan, serta terjadinya degradasi lingkungan hidup.



Gambar 1 Pertanian Berkelanjutan (*Sustainable agriculture*)

Seiring dengan berjalannya waktu, peruntukan lahan untuk pertanian di Indonesia juga semakin berkurang karena bentuk konsekuensi dari pertambahan jumlah penduduk yang meningkat signifikan serta alih fungsi lahan pertanian. Degradasi lahan pertanian tidak hanya kuantitatif tetapi juga secara kualitatif serta diprediksi dapat menghambat pembangunan pertanian berkelanjutan. Pemanfaatan lahan marginal menjadi alternatif yang memiliki ekspektasi tinggi dalam menyelesaikan permasalahan penyusutan lahan pertanian yang terus terjadi. Lahan marginal dapat didefinisikan sebagai lahan yang rapuh, sehingga jika upaya

pengelolaannya tidak dilakukan dengan baik maka kelestariannya terganggu, tanah tersebut juga memiliki karakteristik khusus sebagai berikut: (1) rendahnya tingkat kesuburan tanah, (2) tingginya erositasi lahan, (3) kebanjiran dan kekeringan, (4) tingkat kemasaman tanah yang tinggi, serta (5) tingginya tingkat keracunan pada kondisi tertentu (Sujana & Pura, 2015). Lahan yang berkarakter kering Podsolik Merah Kuning (PMK) dan lahan rawa pasang surut merupakan lahan yang tersedia cukup luas di Indonesia. Lahan PMK ini tersebar di berbagai pulau di Indonesia, seperti: Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Irian Jaya dan Jawa yang luasnya mencakup 51 juta hektar (Rifin et al., 1990; Suprptocharjo, 1961). Indonesia memiliki total luas lahan rawa sebesar 33,4 juta hektar, dimana hanya 9,5 juta hektar yang potensial untuk peruntukan pertanian maupun peternakan (Rachim et al., 2000).

Indonesia termasuk ke dalam wilayah iklim tropika basah dimana banyak ditemukan tanah yang telah melewati proses pelapukan lanjut. Tanah tersebut memiliki nilai yang tinggi di beberapa karakteristiknya, seperti: kadar hara, pH, Kapasitas Tukar Kation (KTK), sedangkan untuk karakteristik bahan organik, kapasitas tukar anion (KTA), oksida, kadar

aluminium yang dapat ditukar, dan kadar liat memiliki nilai yang rendah (Sujana & Pura, 2015). Kadar nilai aluminium yang tinggi di dalam tanah dapat memiliki sifat toksik bagi tanaman khususnya tanaman pangan.



Gambar 2 Biochar

Sifat toksik pada tanah, terutama berasal dari kadar aluminium dapat dipertukarkan pada tanah yang masam, hal tersebut dapat diatasi dengan penggunaan biochar atau arang pirolisis (J. Lehmann & Joseph, 2009). Fungsi lain dari penambahan biochar pada tanah-tanah peruntukan pertanian adalah untuk: (1) menambah ketersediaan hara, (2) menambah retensi terhadap hara, dan (3) menambah retensi air (Glaser et al., 2002), 4) menciptakan lingkungan habitat yang berkualitas untuk mikroorganisme simbiotik, 5)

meningkatkan produksi tanaman pangan, dan 6) mengurangi laju emisi CO₂, berkontribusi terhadap cadangan karbon (\pm 52,8%) (Neneng Laela Nurida et al., 2013).

Dengan disusunnya buku ini pembaca diharapkan mendapat pengetahuan yang komprehensif mengenai apa itu biochar, bagaimana sejarahnya, apa fungsi dan kegunaannya, bagaimana cara membuat, serta tinjauan inovasi pemanfaatan pembenah tanah bagi sektor pertanian dalam memperbaiki potensi lahan marginal terutama untuk tanaman pangan

1.2. Tujuan

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman menyeluruh terkait biochar kotoran domba serta tinjauan dari berbagai ilmu sebagai upaya untuk meningkatkan perekonomian ketahanan pangan dalam memperbaiki potensi tanah dengan mengaplikasikan biochar kotoran domba untuk budidaya tanaman pangan. Hipotesa yang dibangun dalam penelitian adalah unsur hara atau nutrisi tanaman dapat tersedia dalam tanah dengan pengaplikasian bahan biochar kotoran domba yang merupakan sumber karbon serta dapat mengikat nutrisi tanah, sehingga unsur

hara tanah dapat tertahan dalam tanah. Ketersediaan unsur hara yang cukup bagi tanaman dimungkinkan produksi tanaman pangan menjadi lebih baik sehingga dapat menjadi inovasi dan solusi terwujudnya ketahanan pangan. Rekayasa amelioran tanah yang ramah lingkungan melalui penambahan bahan biochar kotoran domba pada tanah marginal merupakan alternative untuk upaya pembenahan tanah.

Atas dasar tersebut diperlukan penelitian untuk mencari solusi permasalahan ketersediaan lahan bagi peruntukan lahan pertanian tanaman pangan yang mengalami kelangkaan di pasar bebas sehingga harga tidak dikendalikan oleh pihak-pihak tertentu. Penelitian menggunakan amelioran limbah organik kotoran domba yang dijadikan biochar untuk memberikan alternatif dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara pada tanah-tanah marginal. Ketersediaan unsur hara yang cukup diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam meningkatkan hasil pertanian tanaman pangan.

1.3. Sistematika Penulisan Buku

Buku ini terdiri dari 5 bagian atau bab, bagian pertama adalah pendahuluan, kemudian dilanjutkan dengan tinjauan

pustaka, pembuatan biochar, biochar ditinjau dari berbagai ilmu, dan penutup. Pada Bab I Pendahuluan akan dijelaskan secara detail mengenai latar belakang pembuatan buku ini, tujuan dari buku ini, serta penjelasan sistematika penulisan buku. Kemudian di Bab II Tinjauan Pustaka berisi tentang pengertian dari lingkungan hidup, sampah, informasi tentang biochar dan prosesnya, serta pertanian tanaman pangan. Pada Bab III Pembuatan Biochar pembaca akan dijelaskan mengenai mesin pembuat biochar beserta cara kerja mesin pembuat biochar tersebut. Penerapan biochar kotoran domba sebagai bentuk inovasi pengelolaan lingkungan akan dijabarkan di Bab IV. dan yang terakhir Bab V akan disampaikan penutup dari buku ini. Sistematika penulisan dalam dalam buku ini adalah:

BAB I	Pendahuluan
BAB II	Tinjauan Pustaka
BAB III	Pembuatan Biochar
BAB IV	Biochar Kotoran Domba sebagai Inovasi
BAB V	Penutup

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini akan dijelaskan mengenai lingkungan hidup, sampah dan limbah, pengertian biochar, sejarah biochar, karakteristik biochar, biochar dan manfaatnya, bahan baku biochar, fungsi biochar, serta tanaman pangan.

2.1. Lingkungan Hidup

Menurut Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009, Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Dimana dalam Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup diperlukan adanya upaya yang sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Faedah lingkungan hidup adalah sebuah bagian dengan segala sesuatu yang ada di dalamnya seperti makhluk hidup,

manusia, dan perilakunya yang saling berinteraksi dan mempengaruhi keberlangsungan makhluk hidup yang lain.

Lingkungan Hidup memiliki komponen atau unsur-unsur penyusun, yaitu:

1. Lingkungan Hidup Biotik

Berbagai macam makhluk hidup yang berada di suatu lingkungan hidup tertentu dikenal sebagai unsur lingkungan hidup biotik. Contoh unsur dari lingkungan hidup biotik adalah mikroorganisme, hewan, manusia, dan tumbuhan.

2. Lingkungan Hidup Abiotik

Tempat ataupun kondisi pada sebuah lingkungan yang menjadikan dan mendukung terjadinya sebuah kehidupan disebut dengan unsur lingkungan hidup abiotik. Contoh unsur dari lingkungan hidup abiotik adalah tanah, bebatuan, air, udara, dan benda mati lainnya.

3. Lingkungan Sosial-Budaya

Komponen yang timbul dari berbagai macam kegiatan sosial dan kebudayaan yang terbentuk dan diimplementasikan oleh manusia serta disepakati untuk menciptakan sistem tertentu yang tersusun

atas gagasan, nilai, serta dogma atas perilaku sebagai makhluk sosial. Kebiasaan, perilaku, adat istiadat, tradisi, serta berbagai buah pemikiran dan kreasi manusia dapat dikategorikan sebagai unsur sosial budaya yang ditemukan manusia dalam upaya pengembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang dikuasai.

Dalam lingkungan hidup dapat ditemukan ekosistem yang merupakan susunan komponen lingkungan hidup yang utuh serta menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk stabilitas, produktivitas, dan keseimbangan lingkungan hidup. Dimana untuk kelangsungan jangka panjang masing-masing bagian dalam sistem tersebut harus dijaga dan berjalan sebagaimana dengan fungsinya. Salah satu hal yang dapat mengganggu keseimbangan, stabilitas dan produktivitas serta lebih lanjut dapat mendatangkan kerusakan dan/atau pencemaran lingkungan hidup adalah sampah.

2.2. Sampah

Pengertian sampah menurut UU Nomor 18 Tahun 2008 adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses

alam yang berbentuk padat. Sampah dapat dihasilkan oleh manusia dan/atau dampak dari sebuah proses alam. Semakin banyak jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya pola konsumsi di masyarakat sehingga dapat menyebabkan bertambahnya ragam jenis, karakteristik, dan volume sampah serta dapat menimbulkan kerusakan lingkungan hidup. Sampah merupakan suatu persoalan yang dihadapi masyarakat. Adanya sampah yang tidak diinginkan dapat mempengaruhi faktor kebersihan, kesehatan, kenyamanan dan keindahan (estetika). Tumpukan sampah dapat mengganggu kesehatan dan keindahan lingkungan. Sampah merupakan jenis pencemaran yang dapat digolongkan dalam degradasi lingkungan yang bersifat sosial. Dikarenakan sampah dapat menimbulkan permasalahan dan kerusakan lingkungan hidup diperlukan adanya manajemen sampah yang merupakan sebuah tindakan menyeluruh, berkesinambungan, dan sistematis dalam penanganan dan reduksi sampah. Peningkatan kualitas lingkungan, kesehatan masyarakat, dan membuat sampah menjadi sumber daya merupakan tujuan dari manajemen sampah.

Klasifikasi sampah berdasarkan jenis sumbernya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sampah organik dan sampah

anorganik. Sampah yang bersumber dari residu makhluk hidup yang terdapat di lingkungan dikenal dengan istilah sampah organik. Contoh dari sampah organik ini adalah sisa hewan dan tumbuhan, dan macam-macam hasil dari makhluk hidup yang dibuang dan terurai secara natural dengan bantuan bakteri atau tanpa bahan kimia di dalam proses penguraiannya serta cepat mengalami pembusukan. Sampah jenis ini terkenal ramah lingkungan dan dapat digunakan kembali (*reuseable*) dengan pengolahan dan manajemen yang tepat, seperti pupuk arang kayu dan kompos. Sedangkan sampah anorganik merupakan sampah yang terbentuk dari bermacam-macam proses yang dilakukan oleh manusia. Sampah jenis ini tidak dapat terurai oleh bakteri secara natural dan membutuhkan waktu urai yang sangat lama.

Pemanfaatan kembali sampah organik dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai guna yang lebih dengan pengelolaan dan pengolahan yang tepat. Sampah organik yang banyak tersedia di lingkungan khususnya di Indonesia sebagai negara kepesisiran salah satunya adalah sampah organik sisa tumbuhan, seperti: tempurung kelapa. Pohon kelapa merupakan salah satu tumbuhan yang hampir seluruh bagian dari tanaman tersebut dapat dimanfaatkan

langsung ataupun dimanfaatkan lebih lanjut dari sisa kegiatannya. Sabut dan tempurung kelapa adalah salah satu komponen dari buah kelapa yang apabila tidak dimanfaatkan lebih lanjut dapat menjadi sampah setelah isi buahnya dimanfaatkan.



Gambar 3 Limbah Tempurung Kelapa

Selain itu, residu makhluk hidup lainnya adalah sisa aktivitas hewan di sektor peternakan. Limbah peternakan, seperti: feces, urine, dan sisa pakan merupakan sumber pencemar jika masuk tanpa pengelolaan ke lingkungan. Limbah peternakan yang dibiarkan begitu saja tanpa adanya penanganan yang lebih lanjut dapat menyebabkan terjadinya

pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan pada manusia. Pengelolaan kotoran ternak dan limbah peternakan lainnya perlu dilakukan untuk mengurangi jumlah pencemaran lingkungan. Pengolahan kotoran ternak lebih lanjut dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan kotoran ternak untuk kegiatan pertanian sebagai pupuk kandang. Kotoran ternak dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kandang karena adanya kandungan unsur hara, seperti: nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) serta beberapa unsur hara mikro lain diantaranya kalsium, magnesium, belerang, natrium, besi, dan tembaga yang sangat dibutuhkan tanaman dan untuk kesuburan tanah

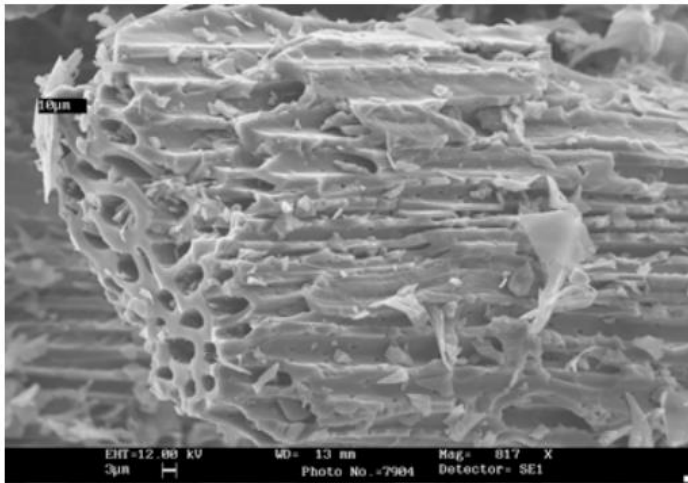
2.3. Biochar

Setiap tahun, emisi karbon dioksida (CO₂) dari penggunaan energi di seluruh dunia terus meningkat. Pada tahun 2020 dunia akan memproduksi sebanyak 33,8 miliar metrik ton CO₂, emisi ini sangat jauh meningkat dari tahun 2007 yang memproduksi CO₂ sebanyak 29,7 miliar metrik ton (U.S. Energy Information Administration, 2010). Namun, jumlah CO₂ yang dihasilkan tiap tahun tidak semata-mata diturunkan dari sumber energi, tetapi juga dari kebakaran,

siklus karbon alam dan penggundulan hutan. Seiring berjalannya waktu, emisi telah berkontribusi pada atmosfer dan pemanasan global dari keseluruhan gas yang dihasilkan oleh rumah kaca.

Biochar merupakan sebuah bahan padat yang kaya akan karbon dan sebagai hasil konversi dari limbah atau sampah organik (biomas pertanian) melalui *pyrolysis*, sebuah pembakaran yang tidak sempurna atau pembakaran dengan suplai oksigen yang terbatas (Neneng L. Nurida et al., 2015). Sederhananya, biochar merupakan produk kaya karbon yang didapatkan saat biomassa, seperti daun, pupuk kandang, dan kayu, dipanaskan dengan kondisi sedikit atau tanpa udara yang tersedia pada wadah tertutup. Biochar juga dikenal sebagai arang hayati dengan kandungan karbon hitam berasal dari biomassa, proses biochar melalui pembakaran pada temperatur <700°C dalam kondisi oksigen yang terbatas menghasilkan bahan organik dengan konsentrasi karbon 70-80% (Johannes Lehmann & Joseph, 2012). Proses ini sering kali merepresentasikan salah satu teknologi industri tertua yang dikembangkan oleh umat manusia (Harris, 1999). Namun, hal ini membedakan biochar dari arang dan material sejenis berdasarkan fakta bahwa biochar diproduksi dengan

tujuan sebagai sarana memperbaiki produktivitas tanah, penyimpanan karbon (C), atau filtrasi peresapan air tanah. Biochar dalam bentuk karbon recalcitrant memiliki banyak manfaat mulai dari pengelolaan limbah hingga perbaikan tanag dan sekuestrasi karbon dan mitigasi perubahan iklim.



Gambar 4 Biochar jika dilihat dengan mikroskop

Pemanfaatan biochar sebagai sumber energi dan pembenah tanah, yang perlu dikembangkan secara lebih luas untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan perbaikan kapasitas tukar kation (KPK) dan retensi hara sehingga terjadi peningkatan produktivitas lahan (Katharina et al., 2013). Penggunaan biochar pada tanah dapat menaikkan

penyerapan C serta kualitas tanah (Smith et al., 2010). Bahan baku pembuatan merupakan residu biomasa yang kaya jaringan lignin seperti kulit-kulit kayu, tempurung kelapa, kulit buah kacang-kacangan atau sekam padi, potongan kayu, tongkol jagung, sisa-sisa usaha perikanan, tandan kelapa sawit, serta bahan organik yang bersumber dari sampah maupun limbah dan kotoran hewan.

Penambahan biochar dapat meningkatkan jumlah posfor dan kation tanah, total N dan kapasitas tukar kation tanah (KTK) yang pada tahap selanjutnya dapat meningkatkan hasil karena dapat mengurangi risiko pencucian hara khususnya kalium dan $N-NH_4$ (Bambang, 2012). Sedangkan Lehmann, (2007), jika tanah diberikan bahan organik maka dapat meningkatkan fungsi tanah tidak terkecuali retensi dari berbagai unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman. Biochar yang ditambahkan dalam tanah dapat meningkatkan C dan kapasitas pertukaran kation tanah sedangkan pengomposan dapat menurunkan C organik tanah (Katharina et al., 2013).



Gambar 5 Produk Biochar Kasar

Biochar dalam tanah tidak dapat menggantikan peranan pupuk sehingga penambah jumlah nitrogen dan unsur hara lain yang diperlukan dalam meningkatkan hasil tanaman. Menurut Asai et al. (2009), jumlah biochar yang ditambahkan berpengaruh pada hasil tanaman padi dengan menambahkan biochar sebanyak 4 ton/ha, namun pemberian biochar sampai 8 atau 16 ton/ha hasilnya tidak berbeda signifikan dengan kontrol (tanpa penambahan biochar). Menambahkan biochar pada tanah dapat menaikkan ketersediaan P dan kation utama, sama seperti halnya jumlah total konsentrasi N dalam

tanah. KPK dan pH dapat meningkat, berturut-turut hingga 40% dari KPK awal serta hingga satu unit pH, sedangkan tingginya ketersediaan hara bagi tanaman merupakan akibat dari bertambahnya nutrisi secara langsung dari biochar dan meningkatnya retensi hara (Chan, et al. 2008; Lehmann et al. 2003; Lehmann et al. 2006).

Produksi biochar dan pengaplikasiannya pada tanah terutama untuk pengolahan limbah, amandemen tanah, sekuestrasi karbon (*C-sequestration*), dan pengurangan emisi dari rumah kaca telah menjadikan biochar sebagai studi dan penelitian yang menarik di seluruh dunia.

2.3.1. Karakteristik Biochar

Biochar yang dikenal sebagai pembenah tanah mempunyai sifat afinitas yang tinggi terhadap hara dan persisten dalam tanah dan persistensi dalam tanah karena mengandung karbon (C) yang tinggi, lebih dari 50% dan tidak mengalami pelapukan lanjut sehingga stabil sampai puluhan tahun di dalam tanah. Sifat afinitas yang tinggi terletak pada permukaan biochar yang luas dan berpori sehingga densitasnya tinggi. Sifat tersebut membuat biochar dapat mengikat pupuk dan air yang cukup tinggi. Dan karena

memiliki Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang tinggi, biochar juga dapat meningkatkan kandungan nitrogen (N) di dalam tanah.

Biochar mempengaruhi sifat fisika tanah melalui peningkatan kapasitas menahan air, sehingga dapat meminimalisir terjadinya run-off serta hilangnya unsur hara. Selain itu, amandemen biochar juga dapat memperbaiki struktur, porositas, dan formasi agregat tanah (Lehmann dan Joseph, 2009). Dari berbagai hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa biochar yang diimplementasikan secara nyata di dalam tanah dapat meningkatkan sifat kimia tanah, seperti KTK, pH tanah, dan beberapa senyawa seperti C-organik, N-total, serta dapat mengurangi aktivitas senyawa Al dan Fe yang berdampak terhadap peningkatan P-tersedia (Novak dkk., 2009).

2.3.2. Biochar dan Manfaatnya

- ❖ Class I – Activated Carbon / Water treatment / Air treatment

Digunakan untuk: mengadsorpsi bahan Volatile Organic Compounds dan mineral dalam cairan

serta dapat berfungsi sebagai bahan pemurnian air dan udara.

❖ Class II – Agricultural Soil Amendment

Aman digunakan untuk pertanian atau tanah tanaman horticultura sebagai substansi tambahan tanpa meracuni tanah.

Tabel 1 Karakteristik Biochar sebagai bahan penyubur tanah

Requirement	Limit	Unit	Test Method
pH	[5.5 to 11]		[-]
Electrical conductivity	[<5]	mg/kg	[-]
Ash content	[<5]	mg/kg	[-]
Liming potential	[<5]	mg/kg	[-]
H:C ratio	[0.1 to 0.6]		
C:N ratio	[<20]		
Available P	[<5]	mg/kg	[-]
Available K	[<5]	mg/kg	[-]
Inorganic N / mineralizable N	[<5]	mg/kg	[-]
Surface area	[<5]	mg/kg	[-]
Sorption of a test molecule	[<5]	mg/kg	[-]
Cation exchange capacity	[<5]	mg/kg	[-]
Water holding capacity	[<5]	mg/kg	[-]

Rate of oxidation / surface changes	[<5]	mg/kg	[-]
-------------------------------------	------	-------	-----

Sumber : International Biochar Initiative, 2010

❖ Class III – General Carbon Sequestration

Biasa digunakan untuk landfill dan bahan penghilang karbon dalam tanah.

Class IV – Restricted Carbon Sequestration

Hanya dapat diaplikasikan sebagai bahan isian tertentu, bahan pelapis beton, atau prosedur pengisian yang terkontrol untuk penghilangan karbon. (International Biochar Initiative, 2010)

Di beberapa penelitian dapat dikonfirmasi bahwa pengaplikasian biochar di dalam tanah memiliki berbagai macam keuntungan yang berkaitan dengan perbaikan kualitas tanah. Keuntungan-keuntungan tersebut adalah:

- ❖ Menstimulasi simbiosis fiksasi nitrogen pada legum
- ❖ Meningkatkan fungi mikoriza arbuscular
- ❖ Meningkatkan struktur tanah
- ❖ Meningkatkan efesiensi pemupukan
- ❖ Meningkatkan kapasitas tukar kation (k_{tk})

- ❖ Meningkatkan daya ikat air (*water holding capacity*)
- ❖ Meningkatkan biomassa mikroba tanah
- ❖ Meningkatkan respirasi mikroba tanah
- ❖ Menurunkan gas CH₄ dan N₂O yang terlepas ke udara
- ❖ Menurunkan kemasaman tanah
- ❖ Mengurangi keracunan aluminium

2.3.3. Bahan Baku Biochar

Banyak sekali bahan baku biochar yang potensial dan mudah dijumpai di lingkungan sekitar, seperti limbah atau sampah residu kegiatan pertanian, terutama yang susah untuk didekomposisi atau dengan rasio C/N tinggi. Karena bahan baku, seperti tempurung kelapa, kulit buah kakao, tongkol jagung, sekam padi, serta sisa kayu, cukup mudah untuk ditemui mengakibatkan potensi pengaplikasian charcoal atau biochar di Indonesia cukup besar

Limbah pertanian tempurung kelapa sebagai biochar memiliki perbandingan C/N yang sangat besar yaitu 122, C-organik total cukup tinggi yaitu > 20%. Sampah atau limbah pertanian dengan perbandingan nilai C/N yang tinggi kurang

potensial untuk dijadikan kompos, namun sangat potensial untuk dijadikan arang (biochar) yang bermanfaat sebagai pembenah tanah (Nuridha et al., 2012).

Seluruh sampah atau limbah pertanian tersebut tidak dapat dikonversi menjadi biochar, tetapi hanya sekitar 30-50% yang dapat dikonversi karena sebagian digunakan untuk keperluan lain seperti pakan ternak dan bahan bakar. Secara nasional, potensi biomas pertanian per tahun yang dapat diubah menjadi biochar diestimasikan sekitar 10,7 juta ton yang akan menghasilkan biochar sebanyak 3,1 juta ton (Sarwani et al., 2013).

Tabel 2 Estimasi Jumlah Biomas Pertanian dan Potensinya Sebagai Bahan Baku Biochar di Indonesia

Biomas pertanian	Jumlah (t/tahun)	Asumsi proporsi biomas dpt dikonversi (%)	Potensi biomasa dikonversi mjd biochar (t/tahun)	Rasio Biochar Biomas	Potensi Biochar (tt/tahun)
Sekam padi	13.612.343	50	6.806.172	0,26	1.769.605
Tempurung kelapa	539.644	50	269.822	0,25	67.456
Tempurung kelapa	6.400.000	30	1.920.000	0,5	960.000

sawit					
Kulit buah kakao	1.208.553	50	604.277	0,33	960.000
Tongkol jagung	3.652.372	30	1.095.712	0,13	142.443
Total	25.412.912		10.695.982		3.138.914

Sumber: (Sarwani et al., 2013)

2.3.4. Fungsi Biochar

Di negara Jepang, dengan memanfaatkan kapasitas adsorpsi sebagai bahan bakar padat untuk memasak dan pemanasan, biochar banyak digunakan sebagai pakan ternak, pengatur kelembaban, dan improver tanah.

Perbaikan tanah bukanlah kemewahan tetapi kebutuhan semua wilayah di dunia. Kurangnya ketahanan pangan sangat umum terjadi di subSahara Afrika dan Asia Selatan, dengan gizi buruk masing-masing 32% hingga 22% dari total populasi (FAO (United Nations Food and Organization), 2006). Ketika malnutrisi menurun di banyak negara di seluruh dunia dari 1990–1992 hingga 2001–2003, banyak negara di Asia, Afrika atau Amerika Latin telah mengalami peningkatan (FAO (United Nations Food and

Organization), 2006). 'Green Revolution' diprakarsai oleh Nobel Laureate Norman Borlaug di International Centre for Maize and Wheat Improvement (CIMMYT) di Meksiko selama tahun 1940-an mengalami peningkatan produktivitas pertanian yang besar di Amerika Latin dan Asia. Keberhasilan ini terutama didasarkan tentang teknologi pertanian yang lebih baik, seperti varietas tanaman yang lebih baik, irigasi, serta input pupuk dan pestisida. Pengelolaan tanah berkelanjutan baru-baru ini dilakukan menuntut untuk menciptakan 'Doubly Green Revolution' yang mencakup teknologi konservasi (Conway, 1999; Tilman, 1988). Biochar memberikan peluang besar untuk Green Revolution ke dalam praktik agroekosistem yang berkelanjutan. Hasil yang bagus dapat diperoleh jika pupuk mengandung bahan organik tanah yang sesuai, yang dapat diamankan dengan tanah biochar untuk manajemen jangka panjang.

Mengelola limbah hewan dan tanaman dari pertanian menimbulkan beban lingkungan yang signifikan dan dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air permukaan (Carpenter et al., 1988; Matteson & Jenkins, 2007). Limbah tersebut dan produk sampingan lainnya dapat digunakan sebagai sumber daya untuk pirolisis bioenergi (Bridgwater,

2003; Bridgwater et al., 1999). Energi tidak hanya dapat diperoleh dari proses charring, tetapi volume dan terutama berat bahan limbah tersebut berkurang secara signifikan, yang merupakan aspek penting, misalnya, dalam mengelola limbah ternak. Selain itu, pengelolaan sampah organik yang tepat dapat membantu dalam mitigasi perubahan iklim secara tidak langsung, seperti:

- Penurunan emisi metana
- Mengurangi penggunaan energi dan emisi industri karena pengurangan daur ulang dan limbah
- Memulihkan energi dari limbah
- Meningkatkan sequestrasi C di hutan karena penurunan permintaan kertas
- Mengurangi energi yang digunakan dalam pengangkutan sampah jarak jauh

Penggunaan energi selama produksi biochar dan penggunaan biochar yang selama produksi pirolisis bioenergi sebagai amandemen tanah saling menguntungkan untuk mengamankan basis produksi untuk menghasilkan biomassa (Johannes Lehmann, 2007), serta untuk mengurangi emisi secara keseluruhan (Gaunt & Lehmann, 2008). Menambahkan

biochar ke tanah alih-alih menggunakannya sebagai bahan bakar, memang dapat mengurangi efisiensi energi produksi pirolisis bioenergy. Namun, pengurangan emisi yang terkait dengan penambahan biochar ke tanah tampaknya lebih besar dari bahan bakar fosil dalam penggunaannya sebagai bahan bakar (Gaunt & Lehmann, 2008). Oleh karena itu, visi biochar sangat efektif dalam menawarkan solusi lingkungan, bukan semata-mata menghasilkan energi.

Penggunaan biochar sebagai amandemen tanah sudah ada sejak beberapa ribu tahun yang lalu di wilayah Amazon, yang dikenal sebagai terra preta. Selain digunakan sebagai kondisioner tanah, biochar juga memiliki berbagai kualitas menguntungkan dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Biochar dapat diaplikasikan diberbagai bidang, seperti:

- sebagai alat untuk pengelolaan sampah
- sebagai pengondisi tanah
- C sequestration dan mitigasi perubahan iklim
- pengolahan air limbah
- sektor bangunan
- industri kosmetik

- metalurgi
- industri makanan
- produksi energi
- sebagai pendukung pengembangan katalis

Setiap tahun sejumlah besar limbah dihasilkan dalam bentuk sisa tanaman (misalnya jerami padi, jerami gandum, dan sekam padi), limbah industri (misalnya kayu, pulp, kulit dan goresan buah dan sayur, dan sisa kayu), sisa hutan (misalnya kayu mati, pohon tiang, sisa penebangan), limbah gulma (misalnya *Zizyphus sotundifolia*, *Calotropis procera*, dan kamera *Lantana*), kotoran hewan (misalnya kotoran unggas, dan kotoran babi) serta sampah kota (Walsh et al., 1999). Dengan demikian, pengelolaan sampah dapat berkelanjutan dengan baik sehingga dapat menghemat biaya dan mengurangi pencemaran lingkungan. Produksi biochar membantu mencapai tujuan ganda dari kedua limbah tersebut, yaitu minimalisasi dan pemulihan energi. Melalui pirolisis, berat dan volume bahan baku biomassa awal berkurang, sehingga mengurangi ruang yang dibutuhkan untuk pembuangannya. Juga konversi limbah biomassa menjadi biochar dan sejenisnya. Penambahan selanjutnya di

dalam tanah membantu mempertahankan unsur hara tanah yang sebaliknya akan disingkirkan dari tanah. Selain itu, biochar membantu dalam mitigasi emisi seperti metana dan karbon dioksida yang dihasilkan operasi pembuangan, pemrosesan dan daur ulang limbah tradisional (Woolf et al., 2010).

Biochar banyak digunakan sebagai amandemen tanah di lading dimana dapat memperbaiki kualitas tanah secara keseluruhan. Selain itu, biochar juga dapat meningkatkan kapasitas penahan air dari tanah sehingga membantu retensi air untuk jangka waktu yang lebih lama yang dapat dikaitkan dengan keroposnya struktur yang tinggi. Dengan demikian, hal ini dapat mengurangi biaya yang terlibat dalam irigasi dengan mengurangi frekuensi dan intensitas. Penambahan biochar ke tanah asam menunjukkan peningkatan dalam pH tanah. Dengan demikian, biochar memiliki efek pengapuran pada tanah. Zhang et al. (2009) mengemukakan bahwa peningkatan pH tanah dapat menekan aktivitas enzim yang terlibat dalam konversi nitrit menjadi nitrous oksida sehingga meningkatkan ketersediaan nitrogen di dalam tanah. Penambahan biochar di dalam tanah menyebabkan peningkatan KTK yang pada akhirnya akan menghilangnya

nutrisi melalui pencucian (Johannes Lehmann, 2007). Ketika biomassa diubah menjadi biochar, 50% karbonnya hadir dalam biomassa terjebak dalam strukturnya yang sifatnya lebih stabil dibandingkan dengan biomassa yang terdegradasi dan melepaskan. Oleh karena itu, produksi biochar dan penggunaan di dalam tanah menciptakan penyerapan karbon.

Dua sifat biochar, yakni konduktivitas termalnya yang rendah dan kemampuannya untuk menyerap air menjadikannya sebagai bahan bangunan yang cocok untuk mengisolasi dan mengatur kelembaban bangunan. Biochar dapat dikombinasikan dengan tanah liat mortar semen dan kapur ditambah dengan pasir dengan perbandingan 1: 1. Maka dibuatlah plester dengan metode ini dan menunjukkan sifat isolasi dan pernapasan yang sangat baik, yang dapat menjaga kelembapan hingga 45-70% di musim panas dan musim dingin., serta dapat mencegah udara kering, yang dapat menyebabkan gangguan pernafasan dan alergi, dan juga kelembaban melalui kondensasi udara di dinding luar, yang dapat menyebabkan perkembangan jamur.

Konsep penggunaan biochar untuk menghilangkan toksin dan kotoran dari kulit adalah bukan hal baru di India. Potensi penggunaannya sebagai produk perawatan

kecantikan telah disebutkan di Ayurveda, yang dikenal sebagai 'bhasma' atau ekstrak yang terbuat dari kayu dan dapat membuka sel tersumbat, membersihkan kulit dan mengurangi peradangan. Pada saat yang sama, penggunaan biochar dapat menutrisi dan merevitalisasi kulit. Kemampuan biochar dalam menyerap bahan kimia membuatnya menjadi bahan yang populer untuk membuat masker wajah, sabun dan krim kecantikan.

2.4. Pembenh Tanah

Menurut Peraturan menteri pertanian nomor 01 tahun 2019, Pembenh tanah adalah bahan-bahan sintetis dan/atau alami, organik dan/atau mineral berbentuk padat dan/atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan/atau biologi tanah. Pembenh tanah merupakan suatu bahan yang dapat digunakan untuk mempercepat pemulihan/ perbaikan kualitas tanah. Bahan organik selain dapat berfungsi sebagai sumber hara, fungsinya sebagai pembenh tanah juga telah banyak dibuktikan ((Suriadikarta, 2006); Rachman et al., 2006).

Dari hasil rangkuman berbagai penelitian (Sutono dan Adimihardja, 1997) menyimpulkan bahwa pembenh tanah

dalam bentuk polimer organik mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam memperbaiki sifat-sifat tanah, baik sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Sebagai pembenah tanah, bahan organik umumnya dibutuhkan dalam jumlah yang relatif banyak. Hal ini seringkali sulit untuk dipraktikkan petani.



Gambar 6 Klasifikasi bahan penyubur tanah

2.5. Tanah Marginal

Tanah marginal atau “suboptimal” merupakan tanah yang potensial untuk pertanian, baik untuk tanaman pangan, tanaman perkebunan maupun tanaman hutan. Secara alami,

kesuburan tanah marginal tergolong rendah. Hal ini ditunjukkan oleh reaksi tanah yang masam, cadangan hara rendah, basa-basa dapat tukar dan kejenuhan basa rendah, sedangkan kejenuhan aluminium tinggi sampai sangat tinggi.



Gambar 7 Jenis Tanah Marginal (Entisol)

2.6. Kotoran Kambing

Berdasar data (Dinas Pertanian, 2017) Komoditas ternak dengan kandungan fungsi protein hewannya sangat menentukan dalam mencerdaskan manusia karena kandungan asam amino didalamnya tidak dapat tergantikan (irreversible) sebagai agen pembangun. Untuk sub-sektor

peternakan, wilayah DIY memiliki sebaran ternak besar maupun kecil pada sejumlah kabupaten dan kota. Untuk ternak besar pada wilayah DIY, sebagian besar atau 99% terdiri atas jenis sapi potong, kambing, dan domba. Sapi potong secara umum mempunyai fungsi sosial ekonomi yang sangat penting di dalam kehidupan masyarakat pedesaan Indonesia dan khususnya masyarakat Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Sebagian besar sapi potong yang dipelihara masyarakat DIY di masa lalu adalah sapi Peranakan Ongole (PO), namun demikian akhir-akhir ini peternak sudah banyak memilih sapi hasil persilangan antara sapi betina PO dengan pejantan Simmental dan Limousin lewat teknologi inseminasi buatan (IB). Sentra kawasan pengembangan sapi potong di DIY adalah kabupaten Gunungkidul, hal ini juga didukung dengan terbitnya Surat Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor: 48/Kpts/SR.120/1/2015 tertanggal 16 Januari 2015 tentang Wilayah Sumber Bibit sapi peranakan Ongole (PO) di Kecamatan Wonosari, Kabupaten Gunungkidul. Sapi perah, kambing dan itik menjadi komoditas unggulan DIY.

Sentra produksi utama sapi perah berada di Kabupaten Sleman sentra populasi kambing berada di kabupaten Kulon

Progo (terutama jenis kambing PE) dan kabupaten Gunungkidul sedangkan sentra populasi itik berada di kabupaten Bantul dan kabupaten Sleman.

Menurut (Linda, 2010) Salah satu bahan dasar dalam pembuatan pupuk kompos yaitu berasal dari bahan-bahan organik seperti dari tumbuhan atau hewan. Bahan organik yang berasal dari hewan umumnya berasal dari kotoran hewan. Kotoran hewan memiliki kandungan unsur hara sebagai proses dekomposer oleh mikroorganisme yang berada di dalam kotoran dan di tanah. Hasil proses dekomposer mikroorganisme berbentuk kompos dapat mengembalikan kesuburan tanah (Pratomo & Prasetyo, 2018). Kotoran kambing adalah sisa hasil dari pencernaan hewan dalam bentuk padat. Kambing juga termasuk hewan ruminansia, yang sistem pencernaannya terdapat bakteri dan protozoa

Uji laboratorium terhadap kandungan nutrisi yang terdapat dalam kompos kotoran kambing dan kompos kotoran sapi yang dilakukan oleh (Noviani, 2009), diperoleh hasil bahwa kompos kotoran kambing memiliki kandungan nutrisi berupa karbon organik yang jumlahnya hampir dua kali lebih besar daripada yang dimiliki oleh kompos kotoran sapi.

Hal ini menjadikan kompos berbasis kotoran kambing menjadi unggulan dengan ciri yang baik karena karbon (bersama-sama dengan nitrogen) merupakan komponen yang digunakan mikroorganisme untuk metabolisme (Pratomo & Prasetyo, 2018).

Pupuk kompos mengandung nutrisi unsur hara dan senyawa kimia yang dibutuhkan oleh tanaman, di samping itu juga mengandung berbagai variasi mikroorganisme. Mikroorganisme memerlukan sekitar 30 bagian karbon terhadap setiap bagian nitrogen untuk metabolisme, dimana sekitar 20 bagian dari karbon tersebut dioksidasi menjadi CO₂ (ATP) dan 10 bagian lagi digunakan untuk mensintesis protoplasma untuk berkembang biak. Kompos berbasis feses kambing memiliki kandungan nutrisi berupa karbon organik yang jumlahnya hampir dua kali lebih besar daripada yang dimiliki oleh kompos berbasis feses sapi (30,17:15,39).

Rendahnya pendidikan berakibat pada kurangnya pengetahuan dalam memanfaatkan sumber-sumber daya alam yang tersedia. Usaha-usaha warga desa di Indonesia umumnya melalui pertanian dan peternakan dilakukan secara sederhana berakibat hanya mampu menghasilkan pendapatan yang rendah.

2.7. Klasifikasi Tanaman Pangan

Kebutuhan pangan utama adalah hak asasi manusia, yang merupakan kebutuhan primer selain pakaian (sandang) dan tempat tinggal (papan). Di Indonesia, hak asasi tersebut dijamin dalam peraturan perundang-undangan dan konstitusi negara sebagai komponen dasar dan utama dalam upaya mewujudkan sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas. Hak asasi akan kebutuhan pangan ini menjadi pertimbangan pertama dalam Undang-undang (UU) Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan.

Pangan merupakan sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang kemudian telah melalui proses pengolahan maupun tidak diolah sebagai bahan makanan atau minuman untuk konsumsi manusia. Produk hayati yang dapat menjadi bahan pangan berasal dari produk pertanian (tanaman pangan dan tanaman hortikultura), perkebunan, kehutanan, peternakan, perikanan darat dan perairan (laut). Pangan juga mencakup bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan lain-lain yang digunakan dalam proses penyiapan dan/atau pembuatan makanan atau minuman. Uraian tentang pangan tersebut berdasarkan ketentuan umum dalam UU No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan bersesuaian

dengan definisi pangan menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO). Dengan demikian, cakupan pangan sangat luas dan sangat beragam sumber bahannya. Sumber bahan pangan selain air, secara umum dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sumber pangan nabati dan sumber pangan non-nabati. Sumber pangan non-nabati meliputi berbagai jenis bahan pangan asal hewan, perairan dan perikanan, yang bukan merupakan bagian dari kajian dalam modul ini. Sumber bahan pangan nabati lebih difokuskan pada bahan pangan yang berasal dari tanaman budidaya (*crops*) hasil suatu usahatani. Dengan demikian tanaman pangan mencakup berbagai macam jenis tanaman yang secara umum merupakan bagian dari tanaman pangan konvensional dan tanaman hortikultura. Kelompok tanaman pangan konvensional terbagi-bagi lagi menjadi tanaman penghasil pangan pokok dan tanaman penghasil bahan pangan alternatif atau pangan sekunder. Pangan pokok adalah pangan yang diperuntukkan sebagai makanan utama sehari-hari sesuai dengan sumber daya dan kearifan lokal. Pangan lokal adalah makanan yang dikonsumsi oleh masyarakat setempat sesuai dengan potensi dan kearifan lokal. Tanaman pangan, jika ditinjau dari ilmu gizi, adalah tanaman yang

menghasilkan sumber tiga gizi utama, yaitu karbohidrat, protein, dan lemak. Tiga macam gizi utama ini juga disebut sebagai “gizi trio”. Tanaman sumber gizi trio terdiri atas tiga kelompok tanaman: 1) kelompok biji-bijian (serealia), 2) kelompok kacang-kacangan semusim, dan 3) kelompok umbi-umbian.

BAB III PEMBUATAN BIOCHAR

BAB III. PEMBUATAN BIOCHAR

Sifat fisik dan kimia biochar yang ditentukan oleh jenis bahan baku (kayu keras, kayu lunak, sekam padi, tempurung kelapa, dan lain-lain) dan metode karbonisasi (temperature, lama pembakaran, dan tipe alat pembakaran) dapat mempengaruhi kualitas biochar atau charcoal (Ogawa, 2006).

Alat pirolisis yang digunakan mengedepankan prinsip 3R (Reduce, Reuse, dan Recycle) dimana alat tersebut dirangkai dengan memanfaatkan penggunaan kembali barang bekas (drum bekas) yang ada di lingkungan sekitar sehingga mudah diperoleh, murah dan berasal lingkungan. Untuk efisiensi alat yang digunakan masih belum maksimal menahan panas di dalam drum piroliser selama proses pirolisis dimana dimungkinkan ada panas yang hilang ke lingkungan, sehingga perlu dibuat penahan panas yang lebih efektif agar diperoleh hasil yang lebih maksimal. Alat yang digunakan juga bukan untuk industri skala besar mengingat kapasitas bahan baku yang bisa tertampung di dalam alat piroliser ini hanya sekitar 50 – 100 Kg tempurung kelapa. Selain untuk pirolisis tempurung kelapa, alat ini juga bisa digunakan untuk membuat biochar dari berbagai macam biomassa. Untuk

lama waktu pirolisis dan beban panas yang digunakan tentu akan berbeda

3.1. Mesin Pembuat Biochar

Alat pirolizer yang kita gunakan disini adalah *Rotary Drum Pyrolizer (RDP)* atau piroliser dengan sistem tong berputar. Alat tersebut dibekali dengan alat pengatur suhu yang digunakan untuk mengecek suhu di dalam drum apakah sudah sesuai dengan suhu yang diinginkan untuk kemudian diatur dari sumber panasnya di luar drum.



Gambar 8 Tabung Pembakaran Rotary Drum Pyrolizer (RDP)

Selain itu terdapat pula tuas pemutar pada sisi luar alat yang digunakan untuk memutar drum untuk meratakan panas dan membolak-balik isi drum. Keunggulan dari alat ini adalah

panas pembakaran yang merata di semua sisi dinding tong. Dengan adanya pemanasan yang merata maka waktu pirolisis akan relatif singkat dan hasil dari biochar yang didapat akan lebih sempurna. Selain itu juga dengan alat ini akan lebih aman dan nyaman untuk digunakan sehingga mengurangi efek panas yang dirasakan selama proses pirolisis (Herlambang et al., 2020)



Gambar 9 Tuas dan Pengatur Suhu Rotary Drum Pyrolizer

Rotary Drum Pyrolizer yang digunakan disini juga dilengkapi dengan penutup tambahan di luar drum pembakaran, sehingga panas dari dalam drum pembakaran yang lepas ke lingkungan akan menjadi lebih berkurang. Untuk sumber pembakaran menggunakan kompor gas yang

dirangkai dengan pengapian secara horizontal merata, sehingga sisi di sepanjang dinding tong akan terkena api. Proses pengapian juga dilakukan tertutup agar tidak dipengaruhi oleh kondisi angin di lingkungan sekitar (Herlambang et al., 2020)



Gambar 10 Rotary Drum Pyrolizer (RDP) dengan Penutup

Alat *Rotary Drum Pyrolizer* yang digunakan adalah desain dari penulis sendiri dengan melihat beberapa referensi alat piroliser yang sudah ada, kemudian dilakukan *re-design* dan penambahan beberapa alat bantu dalam proses pirolisis. Disamping itu, alat piroliser yang digunakan ini volumenya tidak terlalu besar dan juga portable, sehingga akan mudah untuk dioperasikan di berbagai tempat dan lokasi.



Gambar 11 Sumber Pembakaran

3.2. Cara Kerja Mesin Pembuat Biochar

Hal pertama yang perlu dilakukan adalah pengeringan bahan baku, yaitu: limbah tempurung kelapa. Tahap awal dilakukan pembersihan tempurung kelapa dari bahan pengotor seperti tanah, serabut-serabut, dan kotoran lain yang melekat pada tempurung kelapa. Kemudian tempurung tersebut dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil supaya mempermudah proses pengarangan. Lalu tempurung dijemur di bawah sinar matahari sampai kering supaya kandungan air dalam tempurung hilang. Dengan berkurangnya kadar air dalam tempurung kelapa maka akan mempercepat proses pirolisis. Proses selanjutnya adalah dilakukan pengarangan tempurung kelapa yang sudah kering

dengan menggunakan drum. Proses pembakaran selesai jika asap yang ditimbulkan selama proses tersebut mulai menipis. Proses ini berlangsung selama \pm 5 jam dengan suhu \pm 300 – 500 °C. Selanjutnya biochar didinginkan selama 1 jam dan disortir berdasarkan biochar yang berwarna hitam dengan biochar yang telah membentuk abu maupun arang yang belum terbentuk sempurna. Biochar yang telah terbentuk melalui proses karbonisasi selanjutnya diayak sehingga diperoleh biochar kasar dan halus.



Gambar 12 Biochar kasar dan halus

BAB IV INOVASI PEMBENAH TANAH

BAB IV. INOVASI PEMBENAH TANAH

Program rehabilitasi lahan khususnya yang dilakukan pada kawasan pertanian merupakan kegiatan sektor pertanian yang dilaksanakan secara rutin dari tahun ke tahun, namun peranan dan perkembangannya kontribusinya terkesan kurang dan tidak signifikan dalam upaya mengurangi laju degradasi lahan.

Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, yaitu: (1) metode perbaikan lahan tidak diterapkan secara tepat, (2) laju degradasi lahan lebih cepat dibandingkan dengan laju pemulihan, dan (3) luas lahan pertanian yang terdegradasi jauh lebih besar dibandingkan kapasitas pemulihannya.

Apabila luas lahan yang tersedia untuk pertanian masih mencukupi maka rehabilitasi lahan pertanian yang terdegradasi dapat dilakukan secara spontan, yaitu dengan meremajakan lahan yang sudah bertahun-tahun tidak ditanami, setelah dilakukan restorasi maka lahan tersebut akan dibuka kembali untuk pertanian.

Saat ini cara tersebut belum bisa diterapkan, apalagi di daerah padat penduduk dengan lahan terbatas. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mempercepat pemulihan kualitas tanah yang terdegradasi.

Penggunaan bahan pembenah tanah merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mempercepat pemulihan kualitas tanah. Namun, perlu dipilih metode perbaikan tanah yang tepat.

Kegiatan penelitian dan pengembangan reklamasi tanah di Indonesia telah dilakukan sejak tahun 1970-an, namun penerapannya di tingkat petani masih lemah, kecuali bahan organik terutama dalam bentuk kompos. Kompos relatif umum di kalangan petani, namun dosisnya terbatas dan seringkali terlalu rendah untuk menjadi efektif sebagai pembenah tanah. Kapur juga dikenal sebagai bahan pembenah tanah oleh para petani.

4.1. Konsep Dasar Pemanfaatan Pembenah Tanah

Masyarakat sering memanfaatkan bahan organik sebagai pupuk dalam proses penanaman. Penggunaan bahan organik sebagai pupuk diperlukan dalam jumlah besar karena konsentrasi unsur hara yang tersedia relatif rendah dibandingkan dengan pupuk lainnya.

Laju penipisan Bahan Organik Tanah (BOT) memperburuk kondisi daya dukung tanah, agregasi, struktur, kekuatan mekanik tanah dan pemadatan, sekaligus

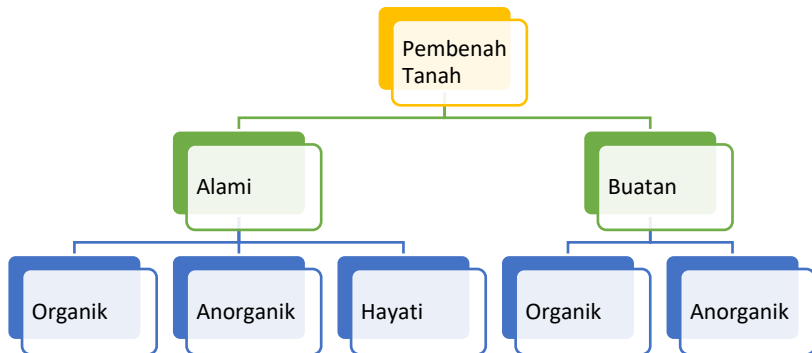
kebutuhan tanaman), sehingga dapat meningkatkan hasil pertanian dan serapan unsur hara tanaman.

Penerapan bahan pembenah tanah organik dalam jangka panjang akan meningkatkan kapasitas penyerapan karbon dalam tanah dan meningkatkan ketahanan pangan. Pemanfaatan sampah organik secara langsung untuk pembenah tanah tanpa pra-stabilisasi sangat berbahaya bagi lingkungan, karena dapat berdampak negatif terhadap aktivitas mikroba tanah, imobilisasi unsur hara, fitotoksisitas, eutrofikasi air permukaan dan dapat meningkatkan kelimpahan mikroorganisme patogen dalam tanah.

Selain itu, penggunaan bahan pembenah tanah organik juga berdampak negatif terhadap lingkungan jika diterapkan secara langsung karena dapat meningkatkan emisi N_2O dan CH_4 secara signifikan. Sampah organik juga mengandung total padatan tersuspensi (TSS) yang tinggi sehingga dapat menimbulkan permasalahan lingkungan lainnya, antara lain: meningkatkan kekeruhan air, menurunkan permeabilitas dan masuknya cahaya pada air, menghambat fotosintesis tumbuhan air, menyumbat insang organisme air sehingga menyebabkan mati lemas karena kekurangan oksigen di dalam air.

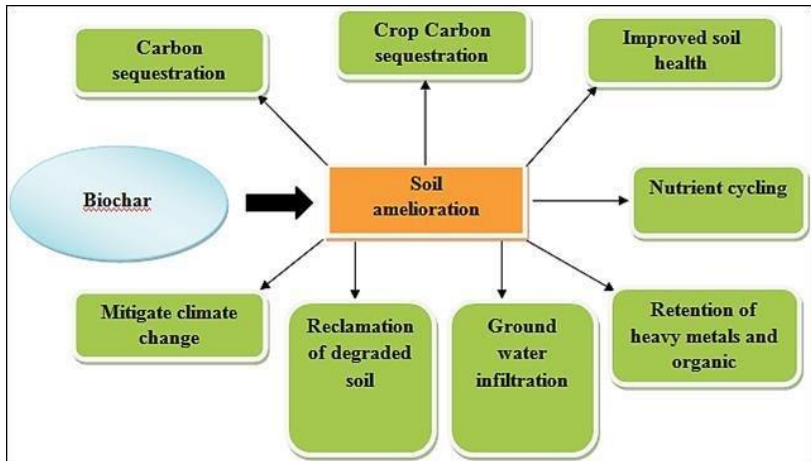
4.2. Prinsip Pemanfaatan Pembenh Tanah

Bahan pembenh tanah dikenal juga sebagai *soil conditioner*. Di kalangan ahli tanah diartikan sebagai bahan-bahan sintetis atau alami, organik atau mineral, berbentuk padat maupun cair yang mampu memperbaiki struktur tanah dengan cara meningkatkan agregat tanah untuk mencegah pencemaran tanah dan erosi, serta mengatur sifat hidrofilik dan hidrofobik tanah sehingga dapat merubah kapasitas tanah menahan dan melalukan air dan dapat memperbaiki kemampuan tanah dalam memegang hara, sehingga air, udara dan unsur hara tidak mudah hilang, namun tanaman masih mampu memanfaatkan air dan hara tersebut. Pada awalnya konsep utama dari penggunaan pembenh tanah adalah: (1) pemantapan agregat tanah untuk mencegah erosi dan pencemaran, (2) merubah sifat hidrophobik dan hidrofilik, sehingga dapat merubah kapasitas tanah menahan air, dan (3) meningkatkan kemampuan tanah dalam memegang hara dengan cara meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK).



Gambar 14 Klasifikasi Pembenh Tanah

Selanjutnya pembenh tanah juga digunakan untuk memperbaiki sifat kimia tanah lainnya, misalnya untuk perbaikan reaksi tanah dan menetralsir unsur atau senyawa beracun. Dalam hubungannya dengan perbaikan sifat kimia tanah, bahan pembenh tanah sering dikenal sebagai *soil ameliorant*



Gambar 15 *Soil ameliorant*

Pembenah tanah seringkali juga mengandung unsur hara, namun tidak digolongkan sebagai pupuk karena kandungannya relatif rendah, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman, selain itu seringkali unsur hara yang dikandungnya dalam bentuk yang belum atau lambat tersedia untuk tanaman. Bahan organik sebenarnya merupakan bahan pembenah tanah yang sudah relatif memasyarakat, meskipun umumnya petani memberikan bahan organik lebih ditujukan sebagai pupuk. Berbeda dengan pupuk yang diberikan untuk menambah atau melengkapi unsur hara dan umumnya diberikan dalam jumlah

relatif kecil, sebagai bahan pembenah tanah, bahan organik harus diberikan dalam jumlah yang relatif besar (Suwardi 2007), sehingga didapatkan manfaat yang nyata. Misalnya pada usahatani sayuran yang umum dilakukan di dataran tinggi dengan tanah yang mempunyai sifat andik, petani memberikan bahan organik dalam jumlah sangat tinggi (Rochayati et al. 2012). Sesungguhnya hal ini perlu dilakukan bukan semata untuk pemenuhan hara tanaman, namun fungsi yang lebih penting lagi adalah sebagai pembenah tanah, yaitu untuk menanggulangi dampak dari tingginya kandungan alofan pada tanah-tanah yang bersifat andik

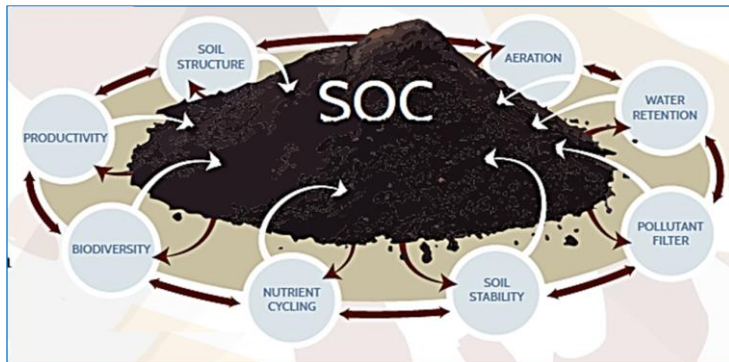
Sebagai pupuk, bahan organik sebaiknya diberikan dalam kondisi sudah matang, dicerminkan oleh nilai C/N ratio yang relatif rendah (<-15), sedangkan untuk pembenah tanah tidak memerlukan persyaratan tersebut. Namun demikian, jika pembenah tanah digunakan pada areal yang dimanfaatkan untuk budidaya tanaman, sebaiknya faktor C/N ratio tetap diperhatikan, sampai tahap yang tidak mengganggu pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Oleh karena itu jika diaplikasikan pada areal yang masih digunakan untuk budidaya tanaman, nilai C/N ratio pembenah tanah organik sebaiknya tidak melebihi 30. Sebagai pembenah

tanah bahan aktif utama dari bahan organik adalah unsur karbon; oleh karena itu salah satu persyaratan teknis minimal pembenah tanah organik yang tercantum dalam Permentan Nomor 70/ Permentan/SR.140/10/2011, adalah kandungan C organik minimal adalah 15%. Tujuan akhir dari penggunaan pembenah tanah adalah untuk menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman, perkembangan biota tanah, serta meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi. Sehingga pembenah tanah harus mampu memfasilitasi tersedianya hara, air, dan udara yang optimal. Hal ini bisa terjadi jika sifat fisik, kimia, dan biologi tanah terpelihara dengan baik. Dalam hubungannya dengan pencegahan erosi, pembenah tanah harus mampu memperbaiki sifat tanah yang mendukung penyerapan air ke dalam tanah bisa berjalan dengan baik dan tanah menjadi lebih stabil, sehingga tidak peka terhadap erosi.

4.3. Parameter Pemilihan Pembenah Tanah

Mempertahankan Ph tanah yang baik dan benar sangat penting bagi kelangsungan hidup tanaman. Tanah asam dan basa memiliki tingkat pengikatan unsur hara yang berbeda. pH rata-rata dalam pembenah tanah berkisar antara

6,2 sampai dengan 9,4. Dimana rata-rata nilai pH terendah terdapat pada sisa tanaman ($\text{pH} \approx 6,2$) dan tertinggi pada alga ($\text{pH} \approx 9,4$). Tanah masam cenderung memiliki asimilasi P yang lebih tinggi daripada tanah basa, sedangkan aktivitas mikroba meningkat mengikuti penurunan keasaman tanah. Sehingga menjadi penting untuk dapat mengatur dan memiliki pengetahuan tentang tanah sehingga dapat mengatur sifat tanah sesuai kebutuhan.



Gambar 16 *Soil Organic Carbon*

Pemilihan pembenah tanah yang tepat memiliki parameter penting kaitannya dengan kandungan Soil Organic Carbon (SOC) karena memiliki efek menguntungkan pada kualitas tanah, kesuburan dan stabilitas serta meningkatkan produksi pertanian.

Sampai saat ini sulit untuk mendapatkan jenis pembenah tanah yang mampu memperbaiki dan meningkatkan seluruh fungsi tanah (fisik, kimia, dan biologi) dengan sekali dan satu jenis pemberian. Bahan organik telah terbukti mempunyai banyak fungsi (multi fungsi), namun dibutuhkan dosis yang relatif tinggi, yaitu berkisar 5-20 t ha⁻¹ dan seringkali dibutuhkan pemberian yang kontinyu (Dariah, 2012). Kebanyakan pembenah tanah ditujukan untuk memperbaiki sifat tanah tertentu. Misalnya kapur terutama ditujukan untuk peningkatan pH, zeolit untuk perbaikan KTK, hidrogel untuk meningkatkan kemampuan tanah memegang air, dan lain sebagainya.

Selain untuk tanah mineral, pembenah tanah diperlukan pula untuk perbaikan kualitas tanah atau penanggulangan faktor pembatas pada tanah organik. Misalnya pada tanah gambut, bahan pembenah tanah diperlukan untuk menanggulangi tingginya asam organik terutama yang berbentuk monomer, yang dapat meracuni tanaman. Ameliorasi pada tanah gambut juga diperlukan untuk menekan laju emisi karbon dari tanah gambut (Mario, 2002).

4.4. Pembenh Tanah Organik

4.4.1. Pupuk Kandang

Pengaplikasian pupuk kandang dapat meningkatkan unsur hara, memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah dimana komposisi unsur hara tergantung pada jenis hewan ternak dan jumlah serta jenis pakan yang diberikan kepada hewan ternak tersebut. Manfaat serta kegunaan pupuk kandang sudah dikenal selama berabad-abad terutama bagi kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman.



Gambar 17 Persiapan pupuk kandang

Hasil penelitian di Cina pada tanah sawah menunjukkan bahwa pengaplikasian pupuk kandang baik yang dilakukan secara terpisah ataupun dikombinasikan dengan pupuk lain dapat meningkatkan kemampuan dan waktu penyerapan karbon (C) dalam tanah dibandingkan dengan pupuk buatan. Selain itu pupuk kandang juga sebagai sumber nutrisi yang baik karena sekitar 70-80% kandungan Nitrogen, 85% Phospor dan 90% Kalium yang terdapat dalam pakan diekskresikan dalam kotoran ternak baik padat maupun cair.

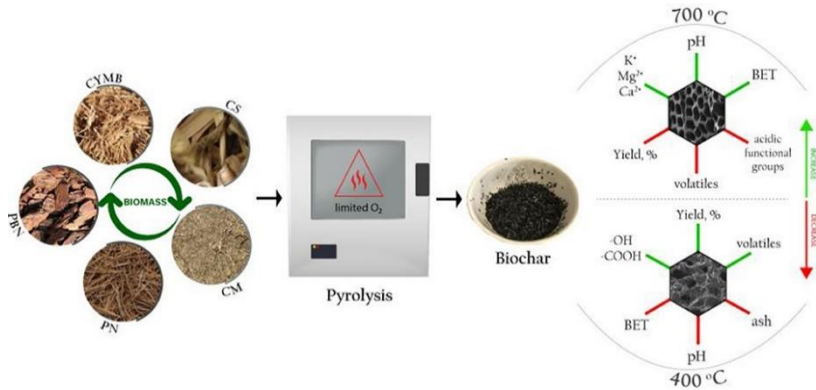
Unsur hara dalam pupuk kandang tidak dalam bentuk yang tersedia langsung bagi tanaman, hal tersebut karena dipengaruhi proses dekomposisi bahan tersebut. Rendahnya ketersediaan unsur hara dalam pupuk kandang disebabkan karena unsur hara masih dalam bentuk kompleks senyawa organo protein, senyawa humat, atau lignin yang sulit terdekomposisi.

4.4.2. Biochar

Model produksi biochar yang berkelanjutan pada mulanya menggunakan material biomassa yang berasal dari limbah, seperti: limbah sisa makhluk hidup (tumbuhan dan

hewan), kehutanan, pertanian, serta kotoran, limbah kayu, dan limbah organik berbentuk padatan. Produksi biochar secara pirolitik dapat mengurangi volume limbah padat, mengurangi resiko timbulnya patogen, polutan organik, serta ketersediaan logam berat di lingkungan. Terkait juga dengan kemampuannya dalam meningkatkan stabilitas karbon (C) sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca yang terkait dengan jejak karbon.

Biochar bukanlah merupakan pupuk organik biasa karena tidak secara langsung memberikan nutrisi kepada tumbuhan melainkan memiliki fungsi lain dalam mendukung penyerapan air dan nutrisi oleh tumbuhan, yang lama kelamaan juga akan memberikan manfaat untuk lahan sekitarnya karena dapat meningkatkan kesuburan tanah. Itulah alasan yang kemudian menjadikan biochar sebagai salah satu pembenah tanah dalam rencana pemupukan tanaman atau dapat dicampur dengan kompos, salah satunya kompos yang berasal dari pupuk kandang, dalam hal ini kotoran kambing.



Gambar 18 Proses pirolisis biomassa

Penambahan komponen biochar pada kompos dapat meningkatkan konsentrasi oksigen yang terikat dan meningkatkan aktivitas mikroba dalam kompos, dapat mengurangi hilangnya kandungan nitrogen dan karbon (20 – 25%) selama proses pengomposan, mempercepat laju dekomposisi bahan organik, dan dapat menurunkan emisi gas rumah kaca (terutama CH₄). Dilihat dari sudut pandang pertanian, sifat biochar yang paling memberi manfaat yaitu tingkat porositas yang tinggi sehingga memungkinkan untuk dapat menahan air, nutrisi, dan mikroorganisme yang dibutuhkan dalam menjaga kesuburan tanah. Secara kimia, biochar juga memiliki nilai pH yang tinggi, kandungan karbon yang tinggi dan kandungan resin yang rendah.

Masih ada beberapa alternatif sumber bahan organik yang belum termanfaatkan secara optimal, misalnya sampah kota. Namun lokasinya yang seringkali jauh dari pengguna, menyebabkan kesulitan dalam hal pengangkutan. Pemilahan sampah dalam bentuk organik dan anorganik, juga seringkali menjadi masalah dalam pemanfaatan sumber bahan organik tersebut. Saat ini telah banyak pengusaha yang terjun dalam pengolahan sampah organik atau pupuk kandang untuk dijadikan kompos, sehingga lebih siap untuk digunakan. Namun demikian karena rata-rata dijual dengan harga relatif mahal, petani hanya mampu membeli untuk penggunaan dengan dosis relatif rendah. Oleh karena itu di beberapa lokasi pembenah tanah diberikan oleh pemerintah sebagai bantuan langsung pupuk. Namun demikian, agar penggunaan pembenah tanah lebih bersifat berkelanjutan, akan lebih bermanfaat jika petani dibekali kemampuan untuk dapat memproduksi pembenah tanah dengan kualitas baik, dan dengan menggunakan sumber atau bahan yang bersifat insitu

Upaya pemilihan bahan pembenah tanah yang dapat memelihara dan memulihkan produktivitas lahan yang mengalami degradasi, preferensi diberikan pada penggunaan bahan-bahan yang murah, lokal dan terbarukan. Bahan organik merupakan bahan pembenah tanah dapat memenuhi persyaratan ini. Lebih dari itu sebagian besar lahan pertanian

di Indonesia memiliki masalah terkait kandungan bahan organik di dalam tanah. Menggunakan bahan organik sebagai pembenah tanah, ini juga dapat membantu mengikat karbon dalam tanah, sehingga dapat mendukung memitigasi perubahan iklim dengan meningkatkan menyimpan karbon di dalam tanah dan mencegah pelepasannya karbon dalam bentuk gas rumah kaca

BAB V. PENUTUP

BAB V. PENUTUP

Buku ini berisi informasi terkait dengan peningkatan nilai manfaat dan ekonomi suatu bahan di lingkungan sekitar yang berasal dari sampah yang kemudian melalui proses dan pengolahan yang baik dan benar dapat menjadi produk yang memiliki banyak manfaat terutama untuk lingkungan.

Sampah tempurung kelapa yang banyak terdapat di lingkungan sekitar, terutama di Indonesia dapat ditingkatkan nilai kemanfaatan dan nilai ekonominya dengan menjadinya Biochar. Dalam prosesnya juga menggunakan alat dan bahan yang ramah lingkungan dimana penggunaan drum bekas sebagai Rotary Drum Pirolisis (Pirolizer)nya merupakan upaya penggunaan kembali barang bekas sesuai dengan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*). Selain itu, limbah sisa peternakan juga banyak tersedia dan belum banyak dikelola dan diolah, salah satunya adalah kotoran domba yang secara bersama-sama dengan biochar dapat digunakan sebagai pembenah tanah.

Biochar dalam perkembangannya dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk berbagai manfaat terutama perbaikan kualitas lingkungan hidup sehingga buku ini dapat dijadikan referensi bagi pihak-pihak yang terkait dan juga dapat

menjadi rekomendasi bagi pemerintah terutama dalam hal swasembada pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgwater, A. V. (2003). Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chemical Engineering Journal*, 91, 87–102.
- Bridgwater, A. V., Meier, D., & Radlein, D. (1999). An overview of fast pyrolysis of biomass. *Organic Geochemistry*, 30, 1479–1493.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, H. V. (1988). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8, 559–568.
- Conway, G. (1999). *The Doubly Green Revolution*. Cornell University Press.
- Dariah, A. dan N. L. N. (2012). *Penggunaan pembenah tanah organik dan hayati untuk meningkatkan produktivitas lahan kering di Ciampea, Bogor* (F. P. U. V. Yogyakarta (ed.); pp. 669–677). Seminar Nasional Peran Teknologi untuk Mewujudkan Kedaulatan Pangan dan Peningkatan Ekonomi Rakyat.
- Dinas Pertanian. (2017). *Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Dinas Pertanian DIY Tahun 2017*.
- FAO (United Nations Food and Organization). (2006). *The State of Food Insecurity in the World*.
- Gaunt, J., & Lehmann, J. (2008). Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production. *Environmental Science and Technology*, 42, 4152–4158.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - A review. *Biology and Fertility of Soils*, 35(4), 219–230.

- <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0466-4>
- Harris, P. (1999). On charcoal. *Interdisciplinary Science Reviews*, 24, 301–306.
- Herlambang, S., Purwono, A. Z., Gomareuzzaman, M., & Wibowo, A. W. A. (2020). *Biochar Salah Satu Alternatif untuk Perbaikan Lahan dan Lingkungan*. LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan.
- Lehmann, Johannes. (2007). Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, preprint(2007), 1. <https://doi.org/10.1890/060133>
- Lehmann, Johannes, & Joseph, S. (2012). Biochar for environmental management: An introduction. In *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (Vol. 1, pp. 1–12). <https://doi.org/10.4324/9781849770552>
- Linda, M. (2010). Pengaruh Kedalaman Dan Waktu Inkubasi Medium Kompos Berbasis Kotoran Kambing Dalam Biofiltrasi Gas N₂O. *Tesis*.
- Mario, M. D. dan S. S. (2002). Penggunaan tanah mineral yang diperkaya oleh bahan berkadar Fe tinggi sebagai amelioran dalam meningkatkan produksi dan stabilitas gambut. *Agroteksos*, 2(1), 35–45.
- Matteson, G. C., & Jenkins, B. M. (2007). Food and processing residues in California: Resource assessment and potential for power generation. *Bioresource Technology*, 98, 3098–3015.
- Noviani, C. (2009). *Reduksi gas dinitrogen monoksida melalui biofiltrasi dengan menggunakan material kompos termodifikasi*. Universitas Indonesia.
- Nurida, Neneng L., Rachman, A., & Sutono S. (2015). *Biochar*

Pembenah Tanah yang Potensial. IAARD Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Nurida, Neneng Laela, Dariah, A., & Rachman, A. (2013). Peningkatan Kualitas Tanah Dengan Pembenah Tanah Biochar Limbah Pertanian. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 37(2), 69–78. <https://doi.org/10.2017/jti.v37n2.2013.69-78>
- Pratomo, H., & Prasetyo, B. (2018). Pembuatan Pupuk Kompos Berbahan Feses Kambing menggunakan Bantuan Effective Microorganism (EM4), Kegiatan Abdimas di Desa Tegal. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*, 1, 403–412. <https://prosiding-pkmcsr.org/index.php/pkmcsr/article/view/211>
- Rachim, A., Situmorang, A., & Hartono, A. (2000). Konsep Pengembangan Pertanian Berkelanjutan di Lahan Rawa untuk Mendukung Ketahanan Pangan dan Pengembangan Agribisnis. *Seminar Nasional Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Di Lahan Rawa*, 53–63.
- Rifin, A., Supriadi, H., & Sutriadi, T. (1990). *Kendala Produksi Tanaman Pangan di Lahan Podsolik Merah Kuning Batumarta. Dalam: Risalah Seminar Sistem Usahatani Tanaman – Ternak di Lahan Kering*. Badan Litbang Pertanian dan Internasional Development Research Centre (IDRC).
- Sarwani, M., Nurida, N. L., & Agus, F. (2013). No Title. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 32(2), 560–566.
- Sujana, I. P., & Pura, I. N. L. S. (2015). Pengelolaan Tahan Ultisol dengan Pemberian Pembenah Organik Biochar Menuju Pertanian Berkelanjutan. *Agrimeta*, 5(9), 1–9. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4549>

- Suprptocharjo, M. (1961). *Jenis-Jenis Tanah di Indonesia*. Lembaga Pebelitian Tanah.
- Suriadikarta, D. A. dan R. D. . S. (2006). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati* (p. Hlm 1-10).
- Sutono dan Adimihardja, A. (1997). Pemanfaatan soil conditioner dalam upaya rehabilitasi lahan terdegradasi. *Pertemuan Pembahasan Dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah Dan Agroklimat*, Hlm. 107-122.
- Tilman, D. (1988). The greening of the green revolution. *Nature*, 396, 211–212.
- U.S. Energy Information Administration. (2010). *International Energy Outlook*.
- Walsh, M. E., Perlack, R. L., Turhollow, A., Ugarte, D. T., Becker, D. A., Graham, R. L., Slinksy, S. E., & Ray, D. E. (1999). *Biomass feedstock availability in the United States: 1999 State Level Analysis*. Oak Ridge National Laboratory.
- Woolf, D., James, E., Amonette, F., Street-Perrott, A., Lehmann, J., & Stephen, J. (2010). Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*, 1, 1–9.
- Zhang, R., Zhong, Z., & Huang, Y. (2009). Combustion characteristics and kinetics of bio-oil. *Frontiers of Chemical Engineering*, 3, 119–124.

GLOSARIUM

Aluminium	Bukan merupakan jenis logam berat, tetapi merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan bumi dan paling berlimpah ketiga. Aluminium secara luas digunakan di seluruh dunia untuk berbagai produk, seperti penggunaan aditif makanan, antasida, buffered aspirin, astringents, semprotan hidung, antiperspirant, air minum, knalpot mobil, asap tembakau, penggunaan aluminium foil, peralatan masak, kaleng, keramik, dan kembang api.
Hara	Bermacam-macam mineral yang terdapat di dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk melakukan fotosintesis.
Kapasitas Tukar Anion (KTA)	Kapasitas lempung untuk menyerap dan menukar anion. Proses pertukaran anion berperan penting dalam kaitannya dengan ketersediaan 3 anion hara makro yang diserap tanaman, yaitu nitrat, fosfat, dan sulfat, yang secara alami dihasilkan dari dekomposisi bahan organik dan pelapukan mineral tanah.
Kapasitas Tukar kation (KTK)	Kapasitas lempung untuk menyerap dan menukar kation. KTK dipengaruhi berbagai faktor, seperti: kandungan liat, tipe liat, dan kandungan bahan organik.

Lahan kering Podsolik Merah Kuning (PMK)	Tanah yang terbentuk karena curah hujan yang tinggi dan suhu yang sangat rendah dan juga merupakan jenis tanah mineral tua yang memiliki warna kekuningan atau kemerahan.
Lahan marginal	Lahan yang rapuh, mudah rusak kelestariannya kalau pengelolaannya tidak tepat.
Lahan rawa pasang surut	Lahan rawa yang genangannya dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut.
Pembenah tanah	bahan-bahan sintesis dan/atau alami, organik dan/atau mineral berbentuk padat dan/atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan/atau biologi tanah.
<i>Rotary Drum Pirolizer</i>	Alat Pirolisis yang terbuat dari drum yang dilengkapi dengan menggunakan tuas putar
<i>Soil ameliorant</i>	bahan yang digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah dengan tujuan meningkatkan produksi tanaman
Tanah masam	Tanah dengan pH kurang dari 6,5 (pH rendah). Nilai pH menunjukkan jumlah konsentrasi ion hidrogen (H ⁺) di dalam tanah. Semakin tinggi kadar ion hidrogen di dalam tanah maka semakin rendah nilai pH tanah tersebut dan tanah semakin masam.

TENTANG PENULIS



Susila Herlambang menyelesaikan Pendidikan S1 Ilmu Tanah di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta pada tahun 1989. Kemudian beliau memperoleh gelar master pada tahun 1999 dengan bidang Ilmu Tanah di Insitut Pertanian Bogor. Dan untuk gelar doktor diselesaikan pada tahun 2014 dengan bidang ilmu yang sama di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Beliau menjadi dosen di UPN “Veteran” Yogyakarta sejak tahun 1992 dan memiliki banyak karya seperti jurnal ilmiah, prosiding, paten alat pembuatan biochar, dan buku yang sudah dipublikasikan baik di tingkat nasional maupun internasional. Di tahun 2017 Beliau juga mendapatkan penghargaan Satya Lancana Karya Satya 20 Tahun oleh Presiden Republik Indonesia.



Danang Yudhiantoro. Dosen Manajemen UPN “Veteran” Yogyakarta sejak 1998, menyelesaikan S2 di Magister Sains Manajemen UGM Yogyakarta. Saat ini sebagai Kepala UPT. Pengembangan Karir dan Kewirausahaan UPN “Veteran” Yogyakarta. Aktif Sebagai Praktisi Bisnis dan Konsultan Manajemen serta Aktif melakukan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat baik Internal maupun Eksternal. Selain itu Aktif mengikuti kegiatan organisasi maupun Asosiasi Manajemen serta kewirausahaan baik dalam maupun luar negeri.



Muammar Gomareuzzaman menyelesaikan Pendidikan S1 Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2009 dan menyelesaikan S2 Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai di universitas yang sama pada tahun 2013. Bergabung menjadi Dosen Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran”

Yogyakarta Tahun 2014. Beberapa kegiatan yang pernah diikutinya adalah seminar nasional dan internasional, HKI, menulis jurnal dan buku untuk menunjang proses mengajarnya.



Indriana Lestari menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Kimia di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta pada tahun 2007 dan menyelesaikan S2 Teknik Kimia di Universitas Indonesia pada tahun 2016. Bergabung menjadi

Dosen Jurusan Teknik Kimia UPN “Veteran” Yogyakarta Tahun 2019. Beberapa kegiatan yang pernah diikutinya adalah seminar nasional, HKI, menulis jurnal dan buku untuk menunjang proses mengajarnya.

Sinergisme Biochar Kotoran Domba sebagai

Pembenah Tanah

Menurut Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009, Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Biochar merupakan sebuah bahan padat yang kaya akan karbon dan sebagai hasil konversi dari limbah atau sampah organik (biomas pertanian) melalui *pyrolysis*. Biochar juga dikenal sebagai arang hayati dengan kandungan karbon hitam berasal dari biomassa, proses biochar melalui pembakaran pada temperatur <math><700^{\circ}\text{C}</math> dalam kondisi oksigen yang terbatas menghasilkan bahan organik dengan konsentrasi karbon 70-80%. Penambahan kotoran domba sebagai kompos yang bersama-sama dengan biochar menjalankan tugasnya sebagai *soil ameliorant* yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas tanah dengan tujuan meningkatkan produksi tanaman.

Diterbitkan oleh:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UPN
"Veteran" Yogyakarta

Jl. Pajajaran (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta, 55283

Telp. (0274) 486188, 486733, Fax. (0274) 486400

e-mail: lppm@upnyk.ac.id.