

BUKU AJAR

BIOCHAR

**SALAH SATU ALTERNATIF UNTUK PERBAIKAN
LAHAN DAN LINGKUNGAN**



Penulis :

Dr.Ir.Susila Herlambang,M.Si.

Ir.AZ.Purwono B.S.,M.P.

Muammar Gomareuzzaman,S.Si.,M.Sc

Astrid Wahyu Adventri Wibowo,S.T.,M.Sc.

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL

"VETERAN" YOGYAKARTA

2020

BUKU AJAR

BIOCHAR

**SALAH SATU ALTERNATIF UNTUK PERBAIKAN
LAHAN DAN LINGKUNGAN**

Penulis :

Dr. Ir. Susila Herlambang, M.Si.

Ir. AZ. Purwono B.S., M.P.

Muammar Gomareuzzaman, S.Si., M.Sc

Astrid Wahyu Adventri Wibowo, S.T., M.Sc.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”

Yogyakarta

BIOCHAR: SALAH SATU ALTERNATIF UNTUK PERBAIKAN LAHAN DAN LINGKUNGAN

Penulis: Dr. Ir. Susila Herlambang, M.Si.
Ir. AZ. Purwono B.S., M.P.
Muammar Gomareuzzaman, S.Si., M.Sc.
Astrid Wahyu Adventri Wibowo, S.T., M.Sc.
ISBN : 978-623-7840-80-0

Copyright © 2020, 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.

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| DAFTAR ISI..... | iv |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR TABEL | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 - |
| 1.1. Latar Belakang | 2 - |
| 1.2. Tujuan | 5 - |
| 1.3. Sistematika Penulisan Buku | 6 - |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 8 - |
| 2.1. Lingkungan Hidup..... | 9 - |
| 2.2. Sampah..... | 11 - |
| 2.3. Biochar | 13 - |
| 2.3.1. Pengertian Biochar..... | 14 - |
| 2.3.2. Pirolisis (<i>Pyrolysis</i>)..... | 18 - |
| 2.3.3. Sejarah Biochar..... | 21 - |
| 2.3.4. Karakteristik Biochar | 30 - |
| 2.3.5. Biochar dan Manfaatnya | 31 - |
| 2.3.6. Bahan Baku Biochar | 34 - |
| 2.3.7. Fungsi Biochar..... | 36 - |
| 2.4. Tanah Entisol..... | 42 - |
| 2.5. Klasifikasi Sayuran..... | 45 - |
| 2.5.1. Tanaman Sayuran Kubis (<i>Brassica oleracea</i>) | 47 - |
| 2.5.2. Tanaman Sayuran Pakcoy (<i>Brassica rapa L</i>)..... | 49 - |

| | |
|--|---------|
| 2.5.3. Tanaman Sayuran Bayam (<i>Spinacia oleracea</i> L.)..... | - 52 - |
| BAB III PEMBUATAN BIOCHAR | - 56 - |
| 3.1. Mesin Pembuat Biochar | - 58 - |
| 3.2. Cara Kerja Mesin Pembuat Biochar | - 61 - |
| BAB IV BIOCHAR DITINJAU DARI BERBAGAI ILMU | - 63 - |
| 4.1. Biochar ditinjau dari Teknik Lingkungan | - 64 - |
| 4.1.1. Urban Faming | - 64 - |
| 4.1.2. Tahapan Urban Farming | - 70 - |
| 4.1.3. Studi Kasus | - 77 - |
| 4.2. Biochar Ditinjau dari Teknik Industri | - 80 - |
| 4.2.1. Ergonomi | - 81 - |
| 4.2.2. Antropometri | - 84 - |
| 4.2.3. Persentil | - 88 - |
| 4.2.4. Pedoman Pengukuran Antropometri | - 90 - |
| 4.2.5. Studi Kasus | - 96 - |
| BAB V PENUTUP..... | - 99 - |
| DAFTAR PUSTAKA | - 101 - |
| GLOSARIUM..... | - 107 - |
| TENTANG PENULIS..... | - 110 - |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|--------|
| Gambar 1. Biochar Jika Dilihat dengan Mikroskop..... | - 16 - |
| Gambar 2. Biochar Kasar | - 17 - |
| Gambar 3. Hasil Pirolisis Biomassa | - 19 - |
| Gambar 4. Overview Produk Pirolitik | - 20 - |
| Gambar 5. Christopher Columbus | - 22 - |
| Gambar 6. Conquistador Gonzalo Pizarro | - 23 - |
| Gambar 7. Perbandingan Tanah Biasa dengan Terra Preta..... | - 26 - |
| Gambar 8. Tanaman Padi tanpa Biochar di Senegal Utara | - 28 - |
| Gambar 9. Tanaman Padi dengan Biochar di Senegal Utara ... | - 28 - |
| Gambar 10. Tanah Entisol..... | - 44 - |
| Gambar 11. Tanaman Kubis | - 48 - |
| Gambar 12. Tanaman Pakcoy..... | - 50 - |
| Gambar 13. Tanaman Bayam | - 54 - |
| Gambar 14. Tabung Pembakaran Rotary Drum Pyrolizer | - 59 - |
| Gambar 15. Tuas dan Pengatur Suhu Rotary Drum Pyrolizer . | - 59 - |
| Gambar 16. Rotary Drum Pyrolizer (RDP) dengan Penutup ... | - 60 - |
| Gambar 17. Sumber Pembakaran | - 60 - |
| Gambar 18. Limbah Tempurung Kelapa | - 62 - |
| Gambar 19. Wall Planter | - 68 - |
| Gambar 20. Urban Farming di Ruang Publik | - 79 - |
| Gambar 21. Panduan Pengukuran Antropometri | - 95 - |
| Gambar 22. Panduan Pengukuran Antropometri | - 96 - |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|--------|
| Tabel 1. Karakteristik Biochar sebagai bahan penyubur tanah ... | - 32 - |
| Tabel 2. Estimasi Jumlah Biomasa Pertanian dan Potensinya Sebagai Bahan Baku Biochar di Indonesia (Sarwani et al., 2013) | - 35 - |
| Tabel 3. Umur Persemaian | - 71 - |
| Tabel 4. Umur Panen Tanaman | - 74 - |
| Tabel 5. Panduan Pengukuran Data Antropometri | - 90 - |

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku **BIOCHAR: SALAH SATU ALTERNATIF UNTUK PERBAIKAN LAHAN DAN LINGKUNGAN.**

Buku ini berisi informasi tentang teknologi dan informasi terkait perbaikan kondisi lingkungan dengan menggunakan bahan tambahan organik dan tidak menggunakan bahan kimia yang dapat memperburuk kondisi lingkungan hidup. Dengan tujuan dapat meningkatkan produktivitas lingkungan dalam budidaya tanaman pangan.

Harapan penulis, buku ini dapat memberikan informasi dalam bidang lingkungan khususnya yang terkait dengan sektor pertanian dengan menggunakan produk Biochar. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terimakasih kepada banyak pihak yang telah terlibat dan membantu dalam penyusunan dan penyelesaian buku ini. Kepada KEMENDIKBUD juga kami mengucapkan terimakasih karena telah memberikan dana Hibah Penelitian Kluster, sehingga kegiatan penelitian serta penyusunan buku ini dapat terlaksana.

Demikian buku ajar ini disusun dan penulis menyadari masih banyak kekurangan yang ada pada buku ini, saran dan masukan yang membangun dari pembaca adalah upaya penulis dalam perbaikan dan penyempurnaan buku ini kedepannya.

Yogyakarta, Agustus 2020
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

Pengembangan pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) merupakan salah satu alternatif solusi untuk meraih ketahanan pangan nasional. Sistem pertanian yang dibuat, dituntut mampu bertahan di masa ini dan masa depan dalam mengelola sumber daya di bidang pertanian dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan manusia, serta konservasi sumber daya alam dan kualitas lingkungan dapat ditingkatkan dan dipertahankan diwaktu yang bersamaan. Fokus utama dalam membangun pertanian berkelanjutan adalah pada situasi dan kondisi yang mungkin terjadi di masa yang akan datang, misalnya kurangnya persediaan pangan akibat situasi ekonomi politik yang merugikan berbagai pihak, ledakan jumlah penduduk yang sangat signifikan, dan pandemi yang terjadi di sejumlah negara.

Seiring berjalannya waktu, lahan pertanian di Indonesia juga semakin berkurang karena konsekuensi dari

pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat. Penyusutan lahan pertanian ini diprediksi dapat menghambat pembangunan pertanian berkelanjutan. Pemanfaatan lahan marjinal menjadi pemecahan yang berekspektasi tinggi dalam menyelesaikan permasalahan penyusutan lahan yang terus terjadi. Lahan marjinal memiliki definisi sebagai lahan yang dikenal rapuh, jika pengelolaannya tidak baik maka kelestariannya mudah rusak, serta memiliki karakteristik khusus sebagai berikut: (1) rendahnya tingkat kesuburan, (2) tingginya erositasi, (3) kebanjiran dan kekeringan yang sering terjadi, (4) tingkat kemasaman tanah yang tinggi, dan (5) tingginya tingkat keracunan pada kondisi tertentu (Sujana & Pura, 2015). Lahan kering Podsolik Merah Kuning (PMK) dan lahan rawa pasang surut merupakan lahan yang cukup luas di Indonesia. Lahan PMK ini tersebar diberbagai pulau seperti Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Irian Jaya dan Jawa yang luasnya mencakup 51 juta hektar (Rifin et al., 1990; SuprptoHarjo, 1961). Indonesia memiliki total luas rawa sebesar 33,4 juta hektar, dimana hanya 9,5 juta hektar yang potensial untuk pertanian maupun peternakan (Rachim et al., 2000).

Indonesia termasuk dalam wilayah tropika basah dimana banyak ditemukan tanah yang melewati proses

pelapukan lanjut. Tanah tersebut memiliki tingkat yang tinggi di beberapa karakteristik seperti, kadar hara, pH, kapasitas tukar kation (KTK), sedangkan untuk karakteristik bahan organik, kapasitas tukar anion (KTA), oksida, kadar aluminium dapat ditukar, dan kadar liat memiliki kadar yang rendah (Sujana & Pura, 2015). Kadar aluminium yang tinggi di dalam tanah dapat menjadi toksik bagi tanaman. Sifat toksik pada tanah, yang berasal dari aluminium yang dapat dipertukarkan pada tanah masam, dapat diatasi dengan menggunakan biochar atau arang pirolisis (J. Lehmann & Joseph, 2009). Fungsi penambahan biochar pada tanah-tanah 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 membuatnya, serta tinjauan dari berbagai ilmu terkait penggunaan biochar untuk meningkatkan

perekonomian ketahanan pangan dalam memperbaiki potensi tanah marginal Entisol pada budidaya sayuran pakcoy.

1.2. Tujuan

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman menyeluruh terkait biochar serta tinjauan dari berbagai ilmu sebagai upaya untuk meningkatkan perekonomian ketahanan pangan dalam memperbaiki potensi tanah marginal Entisol dengan mengaplikasikan biochar untuk budidaya sayuran pakcoy. Tanah marginal Entisol sangat mudah meloloskan unsur hara karena tanah tersebut didominasi oleh fraksi pasir dibandingkan fraksi lempung dan debu. Hipotesa penelitian adalah unsur hara atau nutrisi tanaman dapat tersedia dalam tanah dengan adanya bahan biochar tempurung kelapa yang merupakan sumber karbon, sehingga unsur hara tanah dapat tertahan dalam tanah akibat pelindian. Ketersediaan unsur hara yang cukup bagi tanaman dimungkinkan produksi sayuran pakcoy lebih baik sehingga dapat merupakan solusi ketahanan pangan keluarga dan nasional. Rekayasa amelioran tanah yang ramah lingkungan melalui penambahan bahan biochar tempurung kelapa pada tanah marginal merupakan alternative meningkatkan potensi tanah.

Atas dasar tersebut perlunya penelitian untuk mencari solusi permasalahan terputusnya rantai pasokan bahan pangan terutama sayuran yang mengalami kelangkaan di pasar bebas sehingga harga tidak dapat dikendalikan. Penelitian menggunakan amelioran limbah tempurung kelapa yang dijadikan biochar memberikan alternatif dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara pada tanah-tanah marginal Entisol. Adanya ketersediaan unsur hara yang cukup diharapkan mampu memberikan kontribusi hasil sayuran pakcoy yang tinggi. Tingginya produksi sayuran tersebut akan memutus rantai ketidakstabilan harga bahan menjadi lebih stabil karena barang bahan sayur tercukupi.

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, penjelasan tentang biochar, tanah entisol, serta tanaman sayuran pakcoy. Pada

Bab III Pembuatan Biochar pembaca akan dijelaskan mengenai mesin pembuat biochar beserta cara kerja mesin pembuat biochar tersebut. Peninjauan biochar dari berbagai ilmu juga 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 Ditinjau dari Berbagai Ilmu |
| 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, tanah entisol, serta tanaman sayuran pakcoy.

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

mahluk 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. 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 anorganik dan sampah organik. Limbah atau sampah yang bersumber dari residu makhluk hidup yang terdapat dilingkungan 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 limbah atau 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 atau limbah organik dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai guna yang lebih dengan pengelolaan dan pengolahan yang tepat. Limbah organik yang banyak tersedia di lingkungan khususnya di Indonesia sebagai negara kepesisiran salah satunya adalah limbah 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 limbah setelah isi buahnya dimanfaatkan.

2.3. Biochar

Setiap tahun, emisi karbon dioksida (CO_2) dari penggunaan energi di seluruh dunia terus meningkat. Pada tahun 2020 dunia akan memproduksi sebanyak 33,8 miliar metrik ton CO_2 , emisi ini sangat jauh meningkat dari tahun 2007 yang memproduksi CO_2 sebanyak 29,7 miliar metrik ton

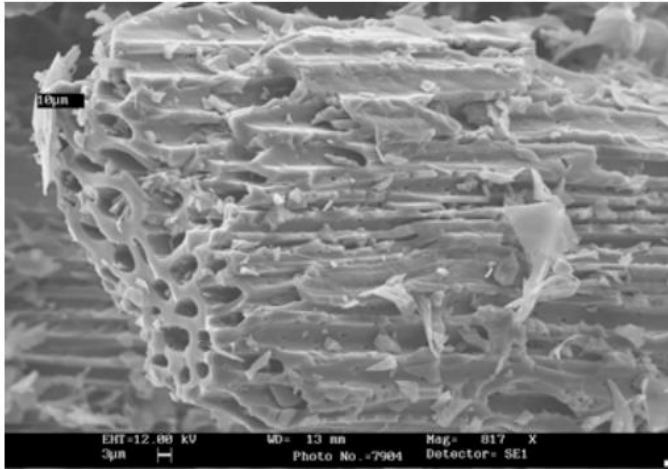
(U.S. Energy Information Administration, 2010). Namun, jumlah CO₂ yang dihasilkan tiap tahun tidak semata-mata diturunkan dari sumber energi, tetapi juga dari kebakaran, siklus karbon alam dan penggundulan hutan. Seiring berjalannya waktu, emisi telah berkontribusi pada atmosfer dan pemanasan global dari keseluruhan gas yang dihasilkan oleh rumah kaca.

Namun, dalam hal ini, 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. Maka dari itu bagian ini berisi tentang pengertian biochar, pirolisis, sejarah biochar, karakteristik biochar, manfaat biochar, bahan baku pembuatan biochar, serta fungsi dari biochar.

2.3.1. Pengertian Biochar

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 <math><700^{\circ}\text{C}</math> 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 1. 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 biomassa yang kaya jaringan lignin seperti kulit-kulit kayu, tempurung kelapa, kulit buah kacang-kacangan atau sekam padi, potongan kayu, tongkol jagung, sisa-sisa usaha perkayuan, 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-NH₄ (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).



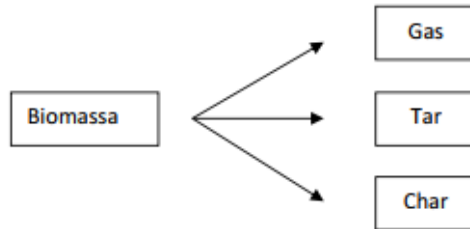
Gambar 2. Biochar Kasar

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).

2.3.2. Pirolisis (*Pyrolysis*)

Pirolisis berasal dari kata Pyro yang artinya *fire* atau api dan Lyo yang berarti *loosening* atau pelepasan. Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi biomassa secara termal dengan kondisi sedikit atau tanpa oksigen sama sekali. Gambar 2.2 memperlihatkan produk-produk hasil dari proses

pirolisis. Pirolisis ini menghasilkan arang (char), tar dan gas sebagai produk utama.

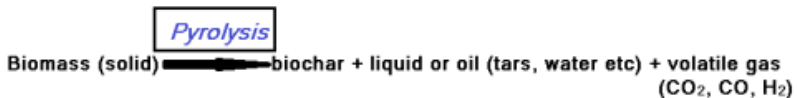


Gambar 3. Hasil Pirolisis Biomassa

Pembakaran bahan organik umumnya dapat menghasilkan zat-zat seperti senyawa fenol ($C_xH_yO_z$), aseton (CH_3COCH_3), campuran tar (C_xH_yO), metana (CH_4), methanol (CH_3OH), karbon monoksida (CO), gas hydrogen (H_2), karbon dioksida (CO_2), asam asetat (CH_3COOH), serta minyak hidrokarbon dan bahan padat berupa arang (Kadir, 1987). Menurut Basu (2010), faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pirolisis adalah sebagai berikut: Komposisi biomassa, berpengaruh terhadap hasil pirolisis, karena dengan komposisi lignin dan selulosa yang berbeda dari biomassa mempunyai temperatur pirolisis yang berbeda. Berikut temperatur yang dibutuhkan untuk peruraian biomassa :

- a. Hemiselulosa : 150 – 350°C
- b. Selulosa : 275 – 350°C
- c. Lignin : 250 – 500°C

1. Suhu pirolisis, berpengaruh terhadap komposisi produk dan jumlah produk. Suhu yang rendah akan menghasilkan lebih banyak arang, sedangkan suhu yang tinggi akan lebih sedikit menghasilkan arang.
2. Laju pemanasan, berpengaruh terhadap komposisi produk dan jumlah produk. Berikut produk yang diinginkan dan laju pemanasan :
 - a. Arang : laju pemanasan rendah ($<0,01-2,0$ °C/s)
 - b. Cairan: laju pemanasan tinggi, dengan suhu akhir menengah yaitu $450-600^{\circ}\text{C}$
 - c. Gas: laju pemanasan rendah dengan suhu akhir tinggi yaitu $700-900^{\circ}\text{C}$



Gambar 4. *Overview Produk Pirolitik (Shrestha et al., 2010)*

Selama produksi biochar, bio-oil dan gas seperti hydrogen juga diproduksi untuk sumber energi pembangkit listrik atau mobil. Johannes Lehmann (2007) dan Powlson et al. (2011) menyarankan bahwa penerapan biochar di dalam tanah tidak hanya meningkatkan kualitas dan nutrisi tanah tetapi juga menimbulkan potensi terbesar untuk penyerapan

karbon (C) jangka panjang. Biochar memiliki kapasitas untuk meremediasi tanah yang terkontaminasi dan menyediakan manfaat tambahan bagi lingkungan. Ilmu yang terlibat di dalamnya masih buruk untuk dipahami meskipun penggunaan biochar sudah ada sejak ribuan tahun yang lalu. Berikut adalah daftar perbedaan dari produk karbon:

1. *Char*: adalah produk padat terdekomposisi termal yang diperoleh dari bahan organik. Misalnya, arang dari kebakaran hutan dan hasil dari pembakaran hidrokarbon yang tidak lengkap.
2. *Charcoal* atau arang: diperoleh dengan dekomposisi termal kayu dan bahan organik lainnya, biasanya digunakan sebagai bahan bakar.
3. *Active carbon* atau karbon aktif: setelah pemanasan arang pada suhu tinggi biasanya 500°C bahkan lebih. Produk ini memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi dan terutama digunakan untuk pembersihan.

2.3.3. Sejarah Biochar

Pada tanggal 5 Agustus 1495 Christopher Columbus menerima surat khusus dari Kosmografer Kerajaan Jaime Ferrer de Blanes (Wayne, 2012). Ferrer menulis untuk memberi tahu Columbus tentang karyanya “Penemuan di

Dunia Baru”, dan khususnya korelasi antara 'hal-hal hebat dan berharga' dan 'wilayah yang panas' yang dihuni oleh orang-orang berkulit lebih gelap. Tergoda oleh prospek harta karun, dalam perjalanan berikutnya melintasi Atlantik, Columbus berbelok tajam ke arah khatulistiwa, menemukan Amerika Selatan.



Gambar 5. Christopher Columbus (Nevius, 2015)

Lima puluh tahun kemudian, orang Eropa (sekarang mendekati Amerika Selatan dari pantai barat) sama-sama dibutakan oleh perak, emas, dan kayu manis. Conquistador Gonzalo Pizarro melakukan ekspedisi ke wilayah yang belum dijelajahi di timur Quito, Ekuador. Sebagai bagian dari usaha ini, Pizarro memerintahkan Letnan Francisco de Orellana untuk melakukannya dan berangkat dengan satu brigade yang terdiri dari lima puluh orang, untuk menetapkan di mana

Sungai Coca dan Napo akan bertemu. Mereka mencapai situs itu pada 26 Desember 1541, tetapi bukannya memutar balik mereka malah mengancam untuk melakukan pemberontakan karena nafsu brigade atas kekayaan yang mereka temukan. Orellana tidak punya pilihan selain mempersiapkan para pria untuk perjalanan baru dan berbahaya.



Gambar 6. Conquistador Gonzalo Pizarro (Wikipedia, n.d.)

Selama delapan bulan bepergian dengan dua perahu yang dibuat sendiri, awak kru tersebut menjadi orang Eropa pertama yang menjelajahi Rio Negro dan, akhirnya, mencapai Sungai Amazon (Wayne, 2012). Dari awal perjalanan, mereka menemukan pemukiman adat yang besar. Mereka menemukan beberapa kota yang sangat besar yang berkilau dalam warna

putih, dan selain itu negeri yang bagus, subur, dan berpenampilan normal seperti Spanyol.

Tahun-tahun berlalu dan tidak ada yang terjadi. Lembah Sungai Amazon diabaikan sebagai situs dengan sedikit kekayaan atau minat. Dan kemudian, sesuatu yang biasa tetapi cemerlang terjadi. Pada tahun 1870, James Orton, seorang ahli geologi dan penjelajah Amerika yang kurang dikenal, memperhatikan hal itu di sepanjang tanah cekungan yang biasanya berwarna abu-abu dan asam, terdapat bidang-bidang besar tanah 'hitam dan sangat subur'. Meskipun sebagian besar akan menganggap ucapan ini tidak penting, itu merupakan impian seorang ilmuwan tanah. Para peneliti berbondong-bondong untuk menyelidiki bumi gelap yang misterius, atau 'terra preta'.

Betty J. Meggers, Smithsonian yang terkenal sebagai arkeolog, berulang kali berargumen bahwa meskipun di lembah sungai kaya akan flora, Amazon memiliki tanah yang lemah tidak mungkin mempertahankan nutrisi yang diperlukan untuk pertanian. Ia menegaskan bahwa setiap desa berisi lebih dari 1000 jiwa akan runtuh.

Namun, tanah asam yang tipis dan serupa dapat ditemukan di padang rumput sabana di Bolivia Dataran Mojos (Llanos de Mojos). Meskipun hanya sedikit orang yang tinggal

di sana karena panen sangat sulit untuk tumbuh, William Denevan mencatat pada 1960-an bahwa lanskap itu disilangkan garis lurus yang tidak wajar: bukti penanaman skala besar prasejarah. Selain itu, ketika bekerja dengan beberapa petani Amerindian asli yang masih mendiami dataran, Clark Erickson dan William Balée menemukan petunjuk linguistik tentang peradaban yang hilang: 'Mereka memiliki kata-kata untuk tanaman domestik dari 2000 tahun yang lalu', kata Balée. Survei arkeologi telah mengkonfirmasi korelasi antara situasi situs terra preta dan peradaban yang dijelaskan Orellana kembali pada abad ke-16. Selanjutnya, adanya serpihan tembikar, makanan, dan kotoran hewan di tanah menunjukkan sifat antropogenik. Melalui budidaya hati-hati selama berabad-abad, orang-orang Amazon dapat mengimbangi keterbatasan mereka dengan lingkungan alam, menciptakan lingkungan yang berkelanjutan, sistem pertanian yang mampu mendukung kehidupan jutaan penduduk.



Gambar 7. Perbandingan Tanah Biasa dengan Terra Preta
(Wayne, 2012)

Meskipun konsep biochar bukanlah hal baru, istilah biochar diciptakan baru-baru ini (Neves et al., 2004). Berbagai bukti menunjukkan terhadap penggunaan biochar di - 26 -embal dari zaman dahulu, misalnya di Lembah Amazon. Neves et al. (2004) menemukan bahwa tanah di kedalaman hingga dua meter Lembah Amazon adalah wilayah terra preta. Tanah di wilayah ini gelap warnanya, sangat subur dan mendukung kebutuhan pertanian seluruh wilayah. Ditemukan bahwa tanah di wilayah ini mengandung bahan - 26 -embali dan arang dalam jumlah tinggi. Tanah terra preta memiliki pH netral dan retensi kualitas hara yang baik dan membuat tanah

di wilayah ini produktif dibandingkan dengan tanah di wilayah terdekat (Johannes Lehmann, 2007). Keberadaan terra preta dekat pemukiman tempat tinggal manusia menunjukkan bahwa terra preta diciptakan oleh manusia.

Ada banyak teori tentang evolusi tanah terra preta. Beberapa percaya bahwa di zaman kuno - 27 -embal tebang dan arang dipraktekkan serupa dengan - 27 -embal tebang dan bakar yang bertanggung jawab atas bumi yang menjadi gelap, hai itu terlibat dalam pembersihan dan penyalaan vegetasi yang dikombinasikan dengan biomassa lain dalam waktu plot yang kecil, dan membiarkan sampah membara (bukan terbakar) kemudian dikubur di bawah tanah, yang mengarah pada pembentukan terra preta (Narzari et al., 2015). Dari ini hipotesis ini, praktik tebang dan arang, metode produksi biochar telah berevolusi.

Penemuan - 27 -embali peradaban yang hilang ini sangat menarik. Terra preta adalah penemuan yang lebih mengejutkan, karena pupuk kimia tidak dapat mempertahankan hasil panen hingga sepertiga musim tanam berturut-turut, namun tanah gelap ini telah mempertahankan kesuburannya selama berabad-abad. Tanaman yang ditanam di terra preta bisa menghasilkan hasil hingga empat kali lebih

besar dari satu ditanam di tanah dari bahan induk yang serupa (Wayne, 2012).



Gambar 8. Tanaman Padi tanpa Biochar di Senegal Utara (Wayne, 2012)



Gambar 9. Tanaman Padi dengan Biochar di Senegal Utara (Wayne, 2012)

Dari Conquistador hingga ilmuwan tanah, evolusi terra preta menjadi biochar adalah sebuah cerita yang aneh dan menarik. Kemajuannya lambat dan sporadis, namun penelitian dari satu dekade terakhir menunjukkan masa depan yang sangat menarik. Anak buah Orellana tidak pernah membawa pulang logam mulia dari daerah panas, tetapi penemuan mereka atas tanah yang subur mungkin saja membuktikan anugerah yang lebih besar: sarana memperlambat jalannya pemanasan global, dan menyediakan kebutuhan nutrisi bagi populasi dunia dengan lebih baik lagi.

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis, hal tersebut mempengaruhi tingginya laju pelapukan (dekomposisi) bahan organik sehingga penggunaan bahan pembenah tanah organik alami tidak dapat digunakan secara terus-menerus atau bersifat sementara (*temporary*). Penggunaan biochar dengan bahan baku sampah atau limbah saat ini berperan sebagai alternatif pembenah tanah di bidang pertanian. Biochar dapat bertahan dan mempunyai efek yang relatif lama di dalam tanah atau, atau relatif resisten terhadap serangan mikroorganisme, sehingga proses dekomposisi berjalan lambat (Tang et al. 2013). Beberapa tahun yang lalu hingga saat ini (100-1000 tahun) penduduk asli Amazon telah menggunakan charcoal ke dalam tanah dan terbukti bahwa

terdapat peningkatan kualitas sifat fisik dan kimia tanah jika dibandingkan dengan tanah sekitarnya (Steiner et al. 2007). Maka dari itu, biochar dapat menjadi solusi alternatif pembenah tanah yang potensial dalam perbaikan kualitas degradasi lahan khususnya pada lahan suboptimal

2.3.4. 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).

2.3.5. 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 | <i>[5.5 to 11]</i> | | <i>[-]</i> |
| Electrical conductivity | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Ash content | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Liming potential | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| H:C ratio | <i>[0.1 to 0.6]</i> | | |
| C:N ratio | <i>[<20]</i> | | |
| Available P | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Available K | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Inorganic N / mineralizable N | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Surface area | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Sorption of a test molecule | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Cation exchange capacity | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Water holding capacity | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |
| Rate of oxidation / surface changes | <i>[<5]</i> | mg/kg | <i>[-]</i> |

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 fungsi mikoriza arbuscular
- ❖ Meningkatkan struktur tanah
- ❖ Meningkatkan efisiensi pemupukan
- ❖ Meningkatkan kapasitas tukar kation (ktk)
- ❖ 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

2.3.6. 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 Biomasa Pertanian dan Potensinya Sebagai Bahan Baku Biochar di Indonesia (Sarwani et al., 2013)

| Biomasa pertanian | Jumlah (t/tahun) | Asumsi proporsi biomasa dpt dikonversi (%) | Potensi biomasa dikonversi menjadi biochar (t/tahun) | Rasio Biochar Biomasa | 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 sawit | 6.400.000 | 30 | 1.920.000 | 0,5 | 960.000 |
| 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 |

2.3.7. 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 bioenergi. 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 menghilangkan 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. Tanah Entisol

Entisol merupakan tanah marginal dengan bahan induk vulkanik namun belum mengalami perkembangan lebih lanjut dengan kondisi tanah mempunyai batas kedalaman tanah bawahnya berangsur beralih ke batuan keras atau ke bahan-bahan tanah yang sama sekali bebas dari fauna tanah, perakaran, atau tanda-tanda kegiatan biologis lain (Tim Alih Bahasa Kunci Taksonomi Tanah, 2014).

Bahan tanah Entisol merupakan komponen bahan yang tersusun dari bahan padatan baik organik atau anorganik yang

berada pada daratan, tanah ini tersusun atas horizon-horizon dekat permukaan bumi yang berbeda kontras terhadap bahan induk di bawahnya, telah mengalami perubahan oleh interaksi antara iklim, relief, dan jasad hidup selama waktu pembentukannya. Potensi tanah Entisol dalam aktivitas pertanian sangat beragam dari potensi tinggi ke kurang potensi, bahan induk Entisol dari abu vulkanik yang kaya unsur hara namun belum tersedia bagi tanaman. Tanah ini mempunyai konsistensi lepas-lepas, tingkat agregasi rendah, peka terhadap erosi dan kandungan hara tersediaan rendah. Potensi tanah yang berasal dari abu vulkanik ini kaya akan hara tetapi belum tersedia, pelapukan akan dipercepat bila terdapat cukup aktivitas bahan organik sebagai penyedia asam-asam organik (Tan, 1986). Hal ini dikarenakan Entisol belum mengalami perkembangan lanjut dan peka terhadap erosi tanah. Produksi pertanian pada tanah Entisol di Indonesia Entisol banyak digunakan untuk produksi pertanian pada kawasan lahan kering dan basah. Batuan induk Entisol merupakan batuan vulkanik yang perkembangannya masih muda atau belum mengalami perkembangan lanjut. Padanan nama lain Entisol adalah Alluvial, Regosol dan Litosol. Entisol yang mempunyai unsur hara yang tinggi namun mempunyai kendala keterbatasan unsur hara tersebut tidak

tersedia bagi tanaman memungkinkan penambahan bahan amelioran berupa biochar untuk meningkatkan ketersediaan.



Gambar 10. Tanah Entisol

Pemanfaatan biochar merupakan solusi untuk pemecahan masalah yang ada pada Entisol dalam ketersediaan unsur hara tanaman dan perbaikan kondisi tanah dalam upaya meningkatkan produksi pertanian. Biochar merupakan bahan yang ramah lingkungan dan bersifat keberlangsungan dalam periode lama (sustainable agriculture) dengan memanfaatkan bahan limbah organik berupa hasil limbah organik yang berupa jaringan kayu atau kulit yang keras dengan kandungan lignin tinggi untuk dapat menghasilkan kandungan karbon tinggi (Smith, 2016).

2.5. Klasifikasi Sayuran

Terdapat sekitar 10.000 spesies tumbuhan yang digunakan sebagai sayuran di seluruh dunia. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan klasifikasi sayuran ke dalam kelompok untuk lebih memahami. Secara garis besar, terdapat lima metode pengklasifikasian sayuran, yaitu (Dhaliwal, 2017):

1. Klasifikasi tumbuhan
2. Klasifikasi berdasarkan ketahanan atau suhu
3. Klasifikasi berdasarkan bagian tumbuhan yang digunakan
4. Klasifikasi berdasarkan budaya
5. Klasifikasi berdasarkan siklus hidup

Klasifikasi binomial pada tumbuhan dan hewan pertama kali dilakukan oleh seorang ahli taksonomi yaitu Linnaeus. Klasifikasi didasarkan pada kemiripan dan ketidaksamaan morfologi dan sitologi, tempat asal, perilaku *crossability*, biologi bunga, dan lain-lain. Klasifikasi tumbuhan meliputi pengelompokan tumbuhan menjadi kingdom, divisi, sub-divisi, phylum, kelas, sub-kelas, ordo, family, genus, spesies, sub-spesies, dan variety (Dhaliwal, 2017). Kelompok terluas dimana sayuran berada adalah family. Genus dan spesies merupakan nama ilmiah. Klasifikasi sangat berguna bagi siswa Olerikultura dan akademisi tetapi memiliki nilai yang kecil

bagi petani. Misalnya, kentang dan tomat, meskipun termasuk dalam famili tumbuhan yang sama tetapi memiliki persyaratan budaya yang sama sekali berbeda. Oleh karena itu, seorang petani kentang mungkin akan kesulitan untuk menanam tomat. Di sisi lain, wortel dan lobak termasuk dalam famili tumbuhan yang berbeda tetapi memiliki cara budidaya yang serupa.

Klasifikasi berdasarkan ketahanan atau suhu didasarkan pada kemampuan tanaman dalam mentolerir embun beku. Tanaman keras adalah tanaman yang dapat mentolerir embun beku di musim salju dan musim dingin, tanaman tersebut dapat beradaptasi dengan suhu rata-rata bulanan yang berkisar antara 15-18°C. Tanaman ini selanjutnya dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu, sayuran tahan atau toleran (asparagus, brokoli, kubis, bawang merah, bawang putih, kangkong, daun bawang, peterseli, kacang polong, lobak, bayam) dan sayuran semi-tahan atau semi-toleran (wortel, kembang kol, kubis china, seledri, selada, ubi, kentang). Tanaman yang tidak kuat terhadap embun beku atau tanaman musim panas dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sayuran sensitif (cabai, tomat, jagung manis) dan sayuran sangat sensitif (bayam, okra, terong, paprika, tapioca, ubi jalar).

2.5.1. Tanaman Sayuran Kubis (*Brassica oleracea*)

Kubis merupakan tanaman dua tahunan berdaun hijau, merah (ungu), atau putih (hijau pucat) yang ditanam sebagai tanaman sayuran tahunan karena kepalanya berdaun lebat. Bobot kubis umumnya berkisar dari 500 hingga 1.000 gram. Kubis hijau berdaun halus dan berkepala tegas, kubis ungu berdaun halus, dan kubis savoy berdaun kusut dengan kedua warna lebih jarang adalah yang paling umum ditemukan. Dalam kondisi hari-hari cerah yang panjang, seperti yang ditemukan di lintang utara pada musim panas, kubis dapat tumbuh cukup besar. Kepala kubis umumnya dipetik selama tahun pertama siklus hidup tanaman, tetapi tanaman yang ditujukan untuk benih dibiarkan tumbuh pada tahun kedua dan harus dipisahkan dari tanaman cole lainnya untuk mencegah penyerbukan silang. Kubis rentan terhadap beberapa kekurangan nutrisi, juga beberapa hama, dan penyakit bakteri dan jamur.



Gambar 11. Tanaman Kubis (Wijaya, 2019)

Kubis kemungkinan besar didomestikasi di suatu tempat di Eropa sebelum 1000 SM. Pada Abad Pertengahan, kubis telah menjadi bagian penting dari masakan Eropa. Olahan kubis bisa disiapkan dengan berbagai cara untuk makan, seperti dapat dibuat acar, difermentasi, dikukus, direbus, ditumis, direbus, atau dimakan mentah. Kubis adalah sumber vitamin K, vitamin C, dan serat makanan yang baik. Klasifikasi untuk tanaman sayuran kubis adalah sebagai berikut:

| | |
|-----------|-----------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Divisi | : Spermatophyta |
| Subdivisi | : Angiospermae |
| Kelas | : Dicotyledonae |
| Ordo | : Papavorales |

Famili : Cruciferae (Brassicaceae)
Genus : Brassica
Spesies : Brassica oleracea L.

Morfologi tanaman ini adalah berakar tunggang, yang tumbuh ke arah dalam atau ke pusat bumi, dan berakar serabut, tumbuh ke arah samping. Dengan kondisi tersebut, perakaran yang dangkal, kubis dapat tumbuh dengan cukup baik apabila ditanam di tanah yang gembur. Kubis memiliki batang yang tumbuh tegak dan pendek yang berwarna hijau, tebal, dan lunak namun cukup lunak. Batang pada tanaman ini tidak bercabang, halus tidak berambut, dan tertutup oleh daun-daun sehingga tidak begitu tampak. Untuk daun kubis memiliki ciri bentuknya yang oval dengan bagian tepi daun bergerigi, seperti daun tembakau yang agak Panjang dan membentuk celah menyirip dan melengkung ke dalam, daun berwarna hijau dan tumbuh berseling pada batang, tangkai daun yang agak panjang dengan pangkal daun yang menebal dan lunak.

2.5.2. Tanaman Sayuran Pakcoy (*Brassica rapa L*)

Tanaman Pakcoy merupakan jenis sayuran yang populer dalam kalangan bisnis sayuran. Tanaman ini dapat hidup di kawasan sub-tropis hingga tropis pada dataran tinggi sampai

rendah ketinggian 5-1200 mdpl. Permintaan pasar sayuran pakcoy yang tinggi dan terlebih adanya kondisi pandemi Covid-19, menyebabkan ketidakstabilan bahan sayuran dalam peredaran pasar untuk ketahanan pangan mandiri.



Gambar 12. Tanaman Pakcoy

Menanam sayuran merupakan langkah yang baik dalam mensikapi ketahanan pangan keluarga dan pembisnis. Pakcoy merupakan tanaman yang dipanen dalam waktu yang relatif cepat, tanaman ini adalah salah satu varietas dari tanaman sawi yang dipanen bagian vegetatif yaitu pada bagian daunnya (Wanita & Afriani, 2020). Klasifikasi tanaman pakcoy, yang berasal dari Tiongkok dan Asia Timur (Benua Asia), sebagai berikut:

| | |
|---------|---------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Divisi | : Magnoliophyta |
| Kelas | : Magnoliopsida |
| Ordo | : Rhoadales (Brassicales) |
| Famili | : Brassicaceae |
| Genus | : Brassica |
| Spesies | : Brassica chinensis L |

Karakteristik morfologi tanaman pakcoy mempunyai struktur tanaman yang lebar dan pendek, tanaman ini sangat identik dengan kubis/kol karena kekerabatannya yang sangat dekat. Tanaman pakcoy mempunyai perakaran tunggang, berkembang pada 30-40 cm ke bawah permukaan tanah. Pakcoy memiliki perakaran yang dapat menyerap air dan unsur hara sehingga mampu mempertahankan berdirinya batang tanaman. Ciri-ciri dari tanaman pakcoy adalah karena struktur batangnya yang pendek dan beruas-ruas menyebabkan batang tanaman tidak terlalu terlihat. Batang tanaman pakcoy berwarna hijau muda yang memiliki peranan untuk membentuk dan menopang daun tanaman. Bentuk daun pakcoy adalah oval dan tumbuh berbentuk spiral yang rapat, dan melekat pada batang. Struktur bunga pakcoy tumbuh memanjang (tinggi) dan bercabang banyak yang tersusun dalam tangkai bunga (Koesriharti & Istiqomah, 2019).

Tanaman yang terkenal dengan sebutan sawi daging ini memiliki rahasia ajaib yang masih jarang diketahui masyarakat antara lain yaitu kandungan vitamin A tinggi mampu menjaga kornea mata agar selalu sehat. Kandungan vitamin E pada pakcoy berfungsi sebagai antioksidan di dalam sel, kandungan vitamin K yang sangat tinggi berguna dalam membantu proses pembekuan darah, mencegah penyakit jantung dan stroke. Selain itu, tanaman yang mengandung folat sangat baik dikonsumsi oleh ibu hamil, karena folat berfungsi untuk mencegah terjadinya cacat tabung saraf, kelainan pembentukan otak atau terjadinya kemungkinan kelainan tulang belakang pada janin (Sutrisno, 2019).

2.5.3. Tanaman Sayuran Bayam (*Spinacia oleracea* L.)

Bayam adalah tanaman berdaun hijau yang berasal dari Asia Tengah dan Barat. Daun tanaman bayam adalah sayuran yang dapat dimakan dan dikonsumsi baik dalam keadaan segar maupun setelah disimpan dengan teknik pengawetan seperti pengalengan, pembekuan, atau dehidrasi. Sayuran ini juga dapat dimakan secara matang atau mentah, dan rasanya sangat berbeda.

Bayam merupakan tanaman tahunan yang dapat tumbuh setinggi 30 cm. Tanaman sayuran ini dapat tumbuh kapan saja

dan dimana saja, baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi. Suhu yang efektif untuk menanam bayam berkisar antara 25°C sampai 26°C dan pH tanah antara 6 sampai 7 dengan waktu tanam terbaik di awal musim kemarau. Klasifikasi untuk tanaman sayuran bayam adalah sebagai berikut:

| | |
|------------|------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Divisi | : Magnoliophyta |
| Kelas | : Magnoliopsida |
| Ordo | : Caryophyllales |
| Famili | : Amaranthaceae |
| Sub famili | : Amaranthoideae |
| Genus | : Amaranthus |
| Spesies | : <i>Amaranthus</i> Sp |



Gambar 13. Tanaman Bayam (Uciahadiyanto, 2020)

Bayam berakar serabut dibagian atas dan berakar tunggang dibagian bawah yang dapat menembus 20 sampai 40 cm ke dalam tanah bahkan lebih tergantung dari jenis media tanah yang digunakan. Ciri-ciri batang bayam adalah tegak, tebal, mengandung banyak air, berukuran cukup panjang (50 sampai 100 cm), memiliki cabang monodial, dan berwarna hijau atau merah tergantung dari varietasnya. Untuk daun, bayam memiliki ciri-ciri daun tunggal yang berwarna hijau atau merah, berbentuk bulat memanjang dan oval, berukuran panjang 1,6 hingga 6 cm dan lebar 0,5 hingga 3,2 cm, dan terdapat tangkai yang berbentuk bulat serta opacus. Bayam

juga memiliki bunga berkelamin tunggal dengan mahkota yang terdiri dari daun bunga yang berwarna hijau dan berjumlah 4-5 buah, bakal buah dengan jumlah 2-3 buah dan benang sari 1-5 serta bagian lain yang berguna untuk membantu penyerbukan.

BAB III
PEMBUATAN BIOCHAR

BAB III. PEMBUATAN BIOCHAR

Sifat fisik dan kimia biochar yang ditentukan oleh jenis bahan baku 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 berbasas 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. 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.



Gambar 14. Tabung Pembakaran *Rotary Drum Pyrolizer* (RDP)



Gambar 15. Tuas dan Pengatur Suhu *Rotary Drum Pyrolizer* (RDP)

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.



Gambar 16. *Rotary Drum Pyrolyzer* (RDP) dengan Penutup



Gambar 17. Sumber Pembakaran

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.

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 bahanpengotor 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 ± 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 18. Limbah Tempurung Kelapa

BAB IV

BIOCHAR DITINJAU DARI BERBAGAI ILMU

BAB IV. BIOCHAR DITINJAU DARI BERBAGAI ILMU

4.1. Biochar ditinjau dari Teknik Lingkungan

4.1.1. Urban Faming

Pertumbuhan penduduk yang pesat serta persebarannya yang tidak merata di seluruh wilayah Indonesia adalah salah satu persoalan tentang lingkungan yang saat ini belum ada solusinya. Berbagai permasalahan berkelanjutan terkait pertumbuhan penduduk, diantaranya: Kebutuhan ruang tempat tinggal, ketidaksesuaian penggunaan lahan, serta pemenuhan kebutuhan terutama terkait kebutuhan pangan.

Memaksimalkan fungsi lahan dengan program intensifikasi pertanian yang umum dilakukan pada awalnya memberikan solusi praktis dalam pemenuhan kebutuhan pangan. Namun untuk mendapatkan hasil yang maksimal seringkali dilakukan dengan pemberian pupuk kimia secara berkelanjutan. Pada akhirnya hal tersebut dapat menyebabkan turunnya kemampuan lahan yang diakibatkan oleh terganggunya unsur hara dan kandungan organik tanah. Dalam jangka panjang

hal tersebut dapat merusak kondisi tanah secara permanen.

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pertanian memberikan respon yang serius melalui program Kawasan Rumah Pangan Lestari (KRPL) yang salah satu kegiatannya ialah *Urban Farming*. Kegiatan tersebut dilakukan dengan pemanfaatan lahan terbatas di lingkungan tempat tinggal atau intensifikasi lahan pekarangan yang ramah lingkungan, yang bertujuan untuk pemenuhan kebutuhan pangan dan peningkatan gizi keluarga. Selain itu, nantinya diharapkan dapat memberikan penghasilan tambahan dan peningkatan ekonomi bagi masyarakat yang terdampak pandemi Covid-19.

Pada perkembangannya *Urban Farming* tidak hanya dilakukan semata-mata untuk memenuhi kebutuhan pangan dalam masyarakat, tapi juga untuk tujuan lain yang berfungsi sebagai penopang kualitas lingkungan hidup, menambah nilai estetika, sampai mengikuti aturan yang telah ditetapkan oleh pemerintah daerah dalam kebijakan peraturan daerah terutama yang terkait dengan penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Privat yang merupakan tanggung jawab masing-masing anggota masyarakat.

Kota-kota berpenduduk padat memiliki berbagai masalah lingkungan, diantaranya adalah penurunan kualitas lingkungan karena padatnya populasi warganya. Banyak areal pertanian yang dikonversi menjadi pemukiman. Hal ini menyisakan permasalahan berupa semakin sedikitnya Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebagai penyedia oksigen dan penyaring polusi, berkurangnya daerah tangkapan air, perubahan iklim mikro, dan ancaman bencana krisis pangan apabila pertumbuhan populasi penduduk lebih besar dari laju produksi pangan.

Kondisi ini memaksa pemerintah dan masyarakat setempat untuk mencari solusi untuk memperbaiki kondisi lingkungannya demi terciptanya lingkungan yang bersih, sehat, ramah lingkungan, dan nyaman untuk ditinggali. Gerakan Urban Farming menjawab sebagian besar tantangan tersebut. Melalui budidaya pertanian dan peternakan yang intensif di lahan-lahan sempit, Urban Farming memberikan banyak manfaat bagi masyarakat yang berupa :

- Menyediakan bahan pangan;

- Menyediakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) baik umum maupun privat;
- Keindahan lingkungan;
- Mengurangi sampah dengan pemanfaatan sampah sebagai media tanam;
- Menyediakan lapangan pekerjaan;
- Meningkatkan penghasilan masyarakat;
- Mengurangi stress warga dengan lingkungan yang lebih berkualitas;
- Terjaganya iklim mikro.

Urban Farming pada intinya memiliki prinsip budidaya tanaman, kegiatan pemrosesan, dan distribusi bahan pangan. Pada prakteknya Urban Farming dapat dilakukan dengan memanfaatkan ruang-ruang yang tersedia di lingkungan sekitar rumah atau tanah pekarangan berupa:

- Kebun sekitar rumah;
- Lahan tidur yang terbengkalai;
- Ruang yang tersedia sekitar tempat tinggal (dinding, balkon, dan teras);
- Pinggir jalan umum atau talud sungai.



Gambar 19. *Wall Planter*

Urban Farming dapat dilakukan dengan cara konvensional menggunakan media tanam tanah dan kompos. Dapat pula ditanam secara mendatar, atau secara vertikultur bersusun. Berbagai macam kemasan bekas makanan atau minuman dapat digunakan untuk menunjang praktek Urban Farming. Sampah kemasan

tersebut dengan sedikit sentuhan kreativitas dapat terlihat indah dengan tanaman yang tumbuh di dalamnya. Beberapa hal yang harus disiapkan untuk kegiatan Urban Farming adalah:

- Ruang atau lahan;
- Media tanam, berupa: Kotoran ternak, biochar, tanah, dan kompos;
- Benih dan bibit tanaman;
- Peralatan pertanian sederhana (sarung tangan, cetok, polybag, dll);
- Pupuk, sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, organik atau anorganik;
- Air untuk menyiram.

Selain itu, pemanfaatan barang bekas wadah kemasan makanan dan minuman yang banyak tersedia di lingkungan masyarakat juga dapat dijadikan wadah untuk melakukan penanaman. Sehingga masyarakat tidak selalu harus membeli dan menggunakan pot tanaman yang baru dan dapat menghapus pemikiran bahwa untuk memulai menanam membutuhkan modal dan biaya yang besar.

4.1.2. Tahapan Urban Farming

Persemaian merupakan tahap awal yang dilakukan untuk memperoleh bibit tanaman yang akan digunakan untuk melakukan kegiatan Urban Farming. Untuk menyemai benih yang harus dipersiapkan adalah pot atau polybag berisi media tanam berupa tanah, kompos, dan arang sekam perbandingan 1:1:1. Benih dapat ditabur di atas media, kemudian disiram dengan menggunakan sprayer atau gembor. Untuk hasil yang lebih baik dan keseragaman kualitas bibit hasil dari persemaian, dapat digunakan Tray Semai. Dalam satu lubang Tray semai dapat diisi 1-2 butir benih tanaman. Tray Semai bermanfaat untuk mengatur nutrisi bagi semai agar tidak berebut nutrisi dan ruang dan tentu saja agar lebih terukur, sehingga nantinya didapat bibit dengan kesuburan nyaris sama. Umur persemaian masing-masing jenis tanaman berbeda-beda. Hal tersebut dapat diketahui pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Umur Persemaian

| No. | Jenis Tanaman | Umur semai (hari) |
|-----|----------------|-------------------|
| 1. | Cabai | 25 - 30 |
| 2. | Tomat | 18 - 25 |
| 3. | Terong | 18 - 25 |
| 4. | Seledri | 25 - 30 |
| 5. | Sawi | 18 - 21 |
| 6. | Kol | 18 - 21 |
| 7. | Caisim | 18 - 21 |
| 8. | Selada | 18 - 21 |
| 9. | Pakcoy | 18 - 21 |
| 10. | Timun | 9 - 12 |
| 11. | Pare | 9 - 12 |
| 12. | Melon | 9 - 12 |
| 13. | Labu | 9 - 12 |
| 14. | Semangka | 9 - 12 |
| 15. | Bawang merah | 35 - 40 |
| 16. | Kacang Panjang | 9 - 12 |
| 17. | Buncis | 9 - 12 |
| 18. | Bunga | 21 - 30 |

Setelah benih disemaikan dan tumbuh menjadi bibit, langkah selanjutnya adalah penanaman, yaitu

pada saat semai telah siap dipindahkan. Pada langkah ini yang harus disiapkan adalah: lahan, tempat penanaman bisa berupa pot atau polybag, dan media tanam berupa tanah, pupuk kandang atau kompos, dan arang sekam atau biochar dengan perbandingan 2:1:1.

Pada saat penanaman, jarak tanam harus diatur supaya masing-masing tanaman mendapat intensitas sinar matahari yang sama, dan tidak berebut nutrisi dan air apabila ditanam langsung pada tanah (tanpa pot atau wadah lain). Jarak tanam yang dianjurkan untuk sayuran daun adalah 20x30 cm, sayuran buah 40x50 cm, dan bunga 20x25 cm.

Penyiraman dilakukan untuk menjaga kelembapan media tanam dan untuk memenuhi kebutuhan air pada tanaman. Intensitas penyiraman harus diperhatikan agar tanaman tidak terlalu kering atau terlalu basah yang dapat menyebabkan tanaman menjadi busuk. Penyiraman yang baik dapat dilakukan sebanyak 2 – 3 kali sehari, dengan menyiram pada media tanamnya. Selain intensitas penyiraman, waktu penyiraman juga perlu diatur, yang baik adalah pagi dan sore hari. Air yang digunakan untuk menyiram tanaman menggunakan air dari sisa kegiatan rumah

tangga, seperti: air cucian beras, air cucian sayuran, air cucian daging dan ikan, dan air sisa rendaman teh.

Langkah selanjutnya adalah pemupukan. Dalam memilih jenis pupuk, disesuaikan dengan pilihan budidaya tanaman, organik atau anorganik. Pemupukan dilakukan 7-10 hari sekali sesuai dengan dosis anjuran. Pupuk ada yang berupa padat dan cair. Dapat dipilih sesuai dengan sumberdaya dalam mengaplikasikannya. Hama dan penyakit tanaman yang sering muncul dan mengganggu tumbuh kembang tanaman secara optimal adalah: belalang, ulat, kutu putih, bercak daun, kepik, dan gulma. Jika mempertahankan cara bertani organik, maka pengendalian hama dapat dilakukan dengan cara memonitor pekarangan, sehingga dapat diketahui lebih dini jika ada gangguan. Selain itu kita juga dapat membuat ramuan pengusir hama dari bahan alami, seperti jus cabai, jus bawang, jus daun Mimbo, dan jus brotowali. Ramuan tersebut di semprotkan pada tanaman yang diserang hama. Menanam bunga berwarna cerah (refugia) di antara tanaman pangan berfungsi untuk mengalihkan perhatian serangga dari tanaman pangan. Hama juga dapat dikendalikan secara manual dengan menggunting atau menghilangkan

bagian yang terserang hama atau penyakit. Penggunaan musuh alami hama juga dapat digunakan sebagai salah satu cara yang dapat dilakukan dalam pengendalian hama.

Tahap selanjutnya adalah pemanenan hasil. Umur panen tanaman pangan bervariasi. Tanaman sayur biasanya memiliki usia panen yang relatif pendek. Bisa dipanen pada saat tanaman berumur 3 minggu hingga 1,5 bulan. Sedangkan tanaman sayur buah biasanya bisa dinikmati hasilnya pada umur 3 bulan. Umur panen tanaman dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 4. Umur Panen Tanaman

| No. | Jenis Tanaman | Umur Panen (HST & HSS) |
|-----|---------------|------------------------|
| 1. | Cabai | 70 – 75 HST |
| 2. | Seledri | 90 – 100 HST |
| 3. | Tomat | 65 – 75 HST |
| 4. | Terong | 55 – 60 HST |
| 5. | Sawi | 25 – 30 HST |
| 6. | Caisim | 25 – 30 HST |
| 7. | Selada | 25 – 30 HST |

| | | |
|-----|----------------|-------------|
| 8. | Pakcoy | 25 – 30 HST |
| 9. | Timun | 35 – 45 HST |
| 10. | Pare | 35 – 45 HST |
| 11. | Melon | 60 – 65 HST |
| 12. | Semangka | 60 – 65 HST |
| 13. | Bawang Merah | 70 – 85 HST |
| 14. | Kacang Panjang | 45 – 55 HST |
| 15. | Buncis | 45 – 55 HST |
| 16. | Kangkung | 21 – 25 HSS |
| 17. | Bayam | 21 – 25 HSS |
| 18. | Jagung | 65 – 80 HST |
| 19. | Bunga | 50 – 65 HST |

Keterangan :

HST = Hari Setelah Tanam

HSS = Hari Setelah Semai

Untuk tanaman kangkung dan bayam akan tumbuh 21-25 hari setelah semai, dikarenakan biji tanaman tersebut untuk metode tanamnya hanya perlu disebar merata di atas media tanam yang sudah dipersiapkan kemudian rutin dilakukan penyiraman.

Mensikluskan tanaman penting untuk menghemat modal penanaman ulang. Salah satu cara mensikluskan tanaman adalah dengan menyisakan tanaman berkualitas baik sebagai sumber benih dan bibit. Contoh: terong, tomat, labu, timun, dan cabe yang berkualitas baik kita ambil bijinya untuk dijadikan sumber benih bagi penanaman selanjutnya. Dengan cara seperti ini, bisa menghemat modal untuk pembelian benih baru dan jenis tanamannya dapat memiliki jenis dan kualitas yang sama.

Mendaur ulang tanaman juga dapat menjadi salah satu upaya menghemat pembelian bibit atau benih baru. Daur ulang tanaman adalah kegiatan penanaman kembali sisa atau bagian dari tanaman yang dianggap sudah tidak akan digunakan, yang nantinya dapat tumbuh menjadi tanaman baru sehingga bisa dimanfaatkan lebih lanjut.

Pupuk adalah salah satu kebutuhan dalam kegiatan bertani. Untuk dapat memperoleh pupuk berkualitas dan murah, kita dapat membuatnya sendiri dengan cara mengkomposkan sisa panen atau limbah hijau dari dapur dengan cara yang sederhana. Langkah – langkah membuat kompos sederhana :

- Menyiapkan tempat penampungan sampah hijau dari wadah tertutup yang bawahnya diberi lubang untuk mengalirkan linel (air hitam);
- Kumpulkan sampah hijau (berupa sisa batang, daun, kulit buah, dll), rumput, dan sisa panen yang sudah tidak bisa digunakan lagi;
- Setelah volumenya cukup, diberi molase (dapat dibuat dari air gula dalam konsentrasi yang pekat) dan diberi starter kompos (EM 4);
- Tutup wadah penampungan;
- 2 Minggu kemudian dibuka, dibolak-balik;
- Minggu ke-4 sampah menjadi serpih dan kehitaman, tanda kompos sudah jadi dan siap dimanfaatkan

4.1.3. Studi Kasus

Kawasan permukiman di daerah Jlagran RT 14 RW 03, Pringgokusuman, Gedongtengen, Kota Yogyakarta merupakan wilayah permukiman padat penduduk di kawasan perkotaan dengan lahan terbuka yang terbatas. Hal tersebut berdampak pada berkurangnya jumlah Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat. Selain itu, kawasan permukiman Jlagran RT 14 RW 03 merupakan Kawasan yang berbatasan dengan

Sungai Winongo, sehingga pinggiran sungai juga merupakan ruang publik yang ideal untuk dijadikan sebagai Ruang Terbuka Hijau. Pelaksanaan pengaplikasian RTH privat didukung oleh anggota PKK RT 14 RW 03. Pelaksanaannya juga dibantu oleh praktisi dan mahasiswa dari prodi Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta. Pelaksanaan didahului dengan pembagian peralatan untuk menanam (sprayer, cetok, polybag, wallplanter, bibit, benih dan media tanam dari botol bekas). Selanjutnya diberi pengarahan tentang cara menanam yang baik dan benar. Setelah dipandu dan diberi contoh, maka masyarakat diberi kesempatan untuk mempraktekan sendiri untuk menanam tanaman yang sudah disediakan dilingkungan rumah masing-masing. Setelah dilakukan pelaksanaan penanaman di kawasan permukiman Jlagran, pelaksanaan penanaman yang selanjutnya dilakukan adalah di ruang publik. Karena kurangnya lahan dan ruang publik yang dimiliki oleh masyarakat, maka pinggiran sungai Winongo yang berbatasan langsung dengan Kawasan permukiman dijadikan titik lokasi Urban Farming di ruang publik. Pinggiran Sungai Winongo dipilih karena merupakan ruang publik yang

memiliki luasan paling luas di Kawasan permukiman Jlagran. Sehingga diharapkan dengan dijadikannya pinggir Sungai Winongo sebagai lokasi penanaman Urban Farming dapat meningkatkan nilai estetika dan menambah fungsi ruang sebagai Ruang Terbuka Hijau Publik.



Kondisi awal titik penanaman di pinggir sungai



Proses penanaman bibit tanaman



Kondisi pinggir sungai setelah penanaman

Gambar 20. *Urban Farming* di Ruang Publik

4.2. Biochar Ditinjau dari Teknik Industri

Teknik industri atau *industrial engineering* terdiri atas 2 kata yaitu *engineering* (rekayasa), yang berarti penerapan ilmu pengetahuan untuk menanggulangi suatu masalah supaya lebih baik, dan *industrial* (industri), yang berarti praktik di dunia manufaktur untuk membuat suatu barang atau jasa. Sedangkan pengertian teknik industri menurut *Institute of Industrial Engineers* (IIE) adalah suatu teknik yang mencakup bidang desain, perbaikan, dan pemasangan dari sistem integral yang terdiri dari manusia, bahan-bahan, informasi, peralatan dan energi. Pengertian tersebut dijelaskan sebagai ilmu dan kemahiran tertentu atau spesifik pada fisika, matematika, dan ilmu-ilmu sosial lainnya sesuai dengan metode dan prinsip dari analisis keteknikan dan desain untuk mengkhususkan, memprediksi, dan mengevaluasi hasil yang akan dicapai dari suatu sistem. Berdasarkan uraian tersebut, seorang lulusan teknik industri memiliki 3 peran utama, yaitu merancang, meningkatkan, dan menginstal sebuah sistem terintegrasi di segala aspek kehidupan.

Ilmu teknik industri dapat diaplikasikan di bidang pertanian, karena cakupannya yang sangat luas, dalam bentuk perancangan mesin pembuat biochar yang ergonomis. Menurut Patel (2017), pertanian adalah industri yang lebih berbahaya

dari bidang yang lain karena memiliki pekerjaan fisik yang berat, metode kerja yang tidak memadai, teknik kerja dan peralatan yang digunakan dapat menyebabkan kelelahan, kecelakaan kerja, dan menurunnya produktifitas. Sebagian besar alat atau mesin pertanian yang digunakan di Indonesia didasarkan pada dimensi tubuh pekerja barat karena peralatan tersebut diimpor dari sana sehingga tidak cocok untuk populasi di Indonesia karena bangsa Barat memiliki ukuran tubuh yang lebih besar daripada orang Indonesia. Maka dari itu ilmu ergonomi, salah satu ilmu yang dipelajari pada teknik industri, sangat bermanfaat untuk merancang peralatan atau lingkungan kerja supaya lebih ergonomis dan dapat meminimalisir kelelahan dan kecelakaan kerja.

4.2.1. Ergonomi

Secara etimologi, istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu “Ergon” yang berarti kerja dan “Nomos“ yang berarti aturan. Secara harfiah ergonomic dapat didefinisikan sebagai suatu aturan dalam sistem kerja tersebut. Pandangan lain menyebutkan bahwa ergonomi adalah ilmu terkait dimensi-dimensi manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara fisiologi, anatomi, manajemen,

psikologi, *engineering*, serta desain atau perancangan. Di dalam cabang ilmu ergonomi diperlukan suatu studi tentang manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya dimana studi-studi tersebut saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu untuk menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Desain perancangan mesin, peralatan, hingga lingkungan kerja yang ergonomis telah diterapkan di berbagai bidang. Dalam pemanfaatan informasi meliputi sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang sistem kerja yang lebih efektif serta dapat meningkatkan kepuasan kerja, ergonomi dapat dikategorikan sebagai ilmu yang sistematis. Kategori penelitian ergonomi berdasarkan sisi rekayasa informasi hasil adalah sebagai berikut:

- Penelitian tentang *display*.
- Penelitian tentang kekuatan fisik manusia.
- Penelitian tentang ukuran/dimensi dari tempat kerja.
- Penelitian tentang lingkungan fisik.

Intervensi ergonomi telah dilakukan selama tiga tahun di sektor truk pabrik perakitan supaya dapat mengurangi Musculoskeletal disorder (MSDs) (Zare et al., 2020). Pada penelitian tersebut dilakukan evaluasi

terhadap keefektifan intervensi ergonomis termasuk intervensi teknis dan organisasi. Lima solusi rekayasa solusi ergonomis dan intervensi organisasi telah diimplementasikan setelah analisis ergonomis yang komprehensif dilakukan. Intervensi organisasi sebagian besar terdiri dari transfer dan redistribusi tugas, serta mendesain ulang workstation supaya lebih ergonomis.

Penelitian di pabrik kerupuk yang terletak di Medan, Indonesia juga telah dilakukan oleh Andriani and Subhan (2016). Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk merancang meja dan kursi yang ergonomis pada stasiun kerja sehingga mendapatkan waktu kerja yang optimal dalam bekerja dan dapat meningkatkan produktivitas kerja. Temuan awal menjelaskan bahwa terdapat stasiun kerja yang tidak ergonomis sehingga operator bekerja dengan gerakan-gerakan yang tidak efektif dan postur kerja yang tidak ergonomis. Antropometri dan persentil merupakan ilmu dasar yang digunakan untuk merancang suatu peralatan. Sedangkan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*) adalah dasar untuk melakukan Analisa terhadap postur kerja operator, waktu siklus untuk menentukan waktu baku dan output standar,

simulasi untuk membandingkan postur kerja yang aktual dengan postur kerja yang ergonomis.

4.2.2. Antropometri

Antropometri adalah salah satu bagian dari ilmu ergonomi yang secara fokus mempelajari ukuran tubuh, dimensi linear serta isi, kecepatan, kekuatan, dan aspek lain gerakan tubuh manusia. Menurut Stevenson (1989) antropometri adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia seperti ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Data antropometri dapat diimplementasikan secara lebih *general* antara lain dalam kasus berikut:

- Perancangan lingkungan kerja fisik
- Perancangan produk-produk konsumtif, seperti pintu, meja, kursi
- Perancangan alat kerja seperti mesin, perkakas (*tools*)
- Perancangan area kerja, seperti *interior* mobil dan *work station*

Dalam merancang mesin, peralatan, atau lingkungan kerja, manusia merupakan pusat atau fokus dari desain yang akan dibuat, pendekatan ini disebut dengan *Human Centered Design* (HCD). Pendekatan ini sangat berarti karena:

1. Para pekerja adalah *human being*.
2. Sumber daya utama dalam sebuah sistem adalah manusia.
3. Terdapat sebuah aturan baik secara nasional maupun internasional yang berkaitan tentang sistem kerja dimana manusia terlibat di dalamnya.

Sebagai upaya dalam mempermudah pengukuran dalam antropometri, maka pengukuran dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Antropometri statis, yaitu suatu pengukuran yang dilakukan ketika responden dalam keadaan diam. Pengukuran dimensi ini dilakukan secara linier (lurus) pada permukaan tubuh. Pengukuran harus dilakukan dengan metode yang sesuai dengan berbagai individu dan tubuh harus dalam keadaan

diam jika menginginkan hasil pengukuran yang representative.

2. Antropometri dinamis, yaitu suatu pengukuran dimensi tubuh ketika responden diukur dalam berbagai posisi tubuh yang sedang bergerak, sehingga lebih kompleks dan lebih sulit diukur. Pada antropometri jenis ini, terdapat tiga kelas pengukuran dinamis, yaitu:

- Pengukuran tingkat ketrampilan adalah sebuah pendekatan yang dilakukan untuk mengetahui keadaan mekanis dari suatu aktivitas.

Contoh: Mempelajari performa atlet.

- Pengukuran jangkauan ruangan yang dibutuhkan saat kerja.

Contoh: Jangkauan gerakan tangan dan kaki efektif saat bekerja yang dilakukan dengan berdiri atau duduk.

- Pengukuran variabilitas kerja.

Contoh: Analisis kinematika dan kemampuan jari-jari tangan dari seorang juru ketik/ operator komputer.

Pengukuran dimensi pada antropometri statis dilakukan secara linear atau lurus pada permukaan tubuh dan pengukuran terhadap masing-masing individu dilakukan dengan metode tertentu supaya hasilnya representatif. Masing-masing individu memiliki bentuk dan dimensi ukuran tubuh yang berbeda-beda. Umur, jenis kelamin, suku bangsa, jenis pekerjaan atau Latihan merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh manusia, sehingga seorang perancang harus mempertimbangkan factor-faktor tersebut. Berikut merupakan langkah-langkah pendekatan penggunaan data antropometri dalam menentukan suatu rancangan produk:

1. Dalam perancangan yang telah ditentukan, gunakan standar deviasi yang sesuai.
2. Carilah data pada rata-rata dan distribusi dari dimensi yang digunakan sesuai dengan populasi yang diukur.
3. Tentukan nilai persentil yang sesuai sebagai acuan perancangan.
4. Tentukan jenis kelamin yang sesuai.

4.2.3. Persentil

Suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang-orang yang memiliki ukuran di bawah atau pada nilai tersebut dikenal dengan istilah persentil. Sebagai contoh, persentil 95-th akan menunjukkan 95% populasi akan berada pada atau di bawah nilai dari suatu data yang diambil. Untuk penetapan data antropometri digunakan distribusi normal dimana distribusi ini dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata (*mean*) dan simpangan bakunya (*standar deviasi*) dari data yang diperoleh. Dari nilai yang ada tersebut, dapat ditentukan nilai persentil sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal yang ada. Pada umumnya, persentil yang digunakan adalah:

$$P_5 = \bar{X} - 1,645$$

$$P_{50} = \bar{X}$$

$$P_{95} = \bar{X} + 1,645\sigma$$

Rumus persentil ke-n :

$$P_n = BB + (((n/100)N - fk) / Fi) \times$$

Keterangan:

BB = batas bawah kelas

Pn = persentil ke-n

- N = jumlah data pengamatan
fk = frekuensi kumulatif kelas sebelumnya
Fi = frekuensi kelas persentil tersebut
I = interval kelas

Penggunaan nilai persentil adalah sebagai berikut:

1. Maksimum (90%, 95%, 99%)
Nilai persentil ini digunakan untuk perancangan ekstrim maksimum.
2. Minimum (10%, 5%, 1%)
Nilai persentil ini digunakan untuk perancangan ekstrim minimum.
3. Disesuaikan (5% s/d 95% atau 99%)
Nilai persentil ini digunakan jika semua orang dapat memakai dan dengan pertimbangan bahwa perancangan tersebut masih dapat terlaksana terutama dari segi biaya.
4. Rata-rata (50%)
Nilai persentil ini digunakan supaya sebagian besar orang dapat memakai produk tersebut berdasarkan spesifikasi produk.

4.2.4. Pedoman Pengukuran Antropometri

Tabel 5 menjelaskan tentang pedoman pengukuran data antropometri .

Tabel 5. Panduan Pengukuran Data Antropometri

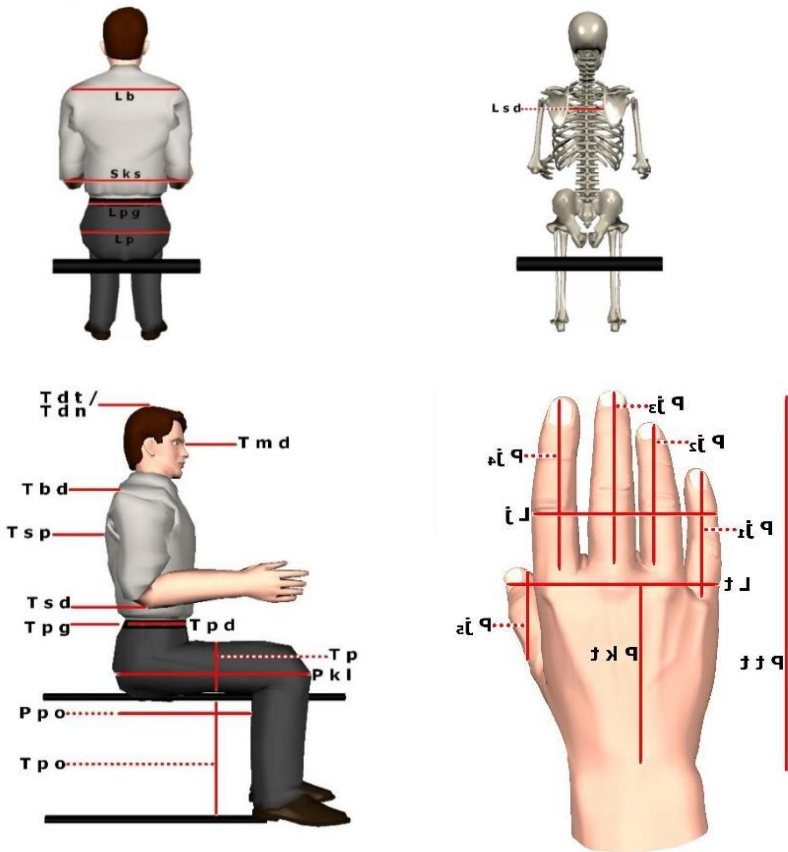
| No | Simbol | Data yang diukur | Deskripsi Pengukuran |
|----|--------|--------------------------|--|
| 1 | Tdt | Tinggi duduk tegak | Subyek duduk tegak , kemudian lakukan pengukuran jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai atas kepala |
| 2 | Tdn | Tinggi duduk normal | Subyek duduk normal , kemudian lakukan pengukuran jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai atas kepala |
| 3 | Tmd | Tinggi mata duduk | Subyek duduk tegak , kemudian lakukan pengukuran jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai mata |
| 4 | Tbd | Tinggi bahu duduk | Subyek duduk tegak , kemudian lakukan pengukuran jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai bahu |
| 5 | Tsd | Tinggi siku duduk | Subyek duduk tegak dengan lengan atas vertikal di sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan atas; ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai bawah siku |
| 6 | Tsp | Tinggi sandaran punggung | Subyek duduk tegak , ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai titik singgung antara punggung dan sandaran duduk |

| No | Simbol | Data yang diukur | Deskripsi Pengukuran |
|----|--------|-------------------|--|
| 7 | Tpg | Tinggi pinggang | Subyek duduk tegak , ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai pinggang |
| 8 | Tpd | Tebal perut duduk | Subyek duduk tegak , ukur jarak horisontal dari belakang perut sampai ke depan perut |
| 9 | Tp | Tebal paha | Subyek duduk tegak dengan paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku; ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai permukaan atas pangkal paha |
| 10 | Tpo | Tinggi popliteal | Subyek duduk tegak dengan paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku; ukur jarak vertikal dari lantai sampai permukaan bawah paha |
| 11 | Ppo | Pantat popliteal | Subyek duduk tegak dengan paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku; ukur jarak horisontal dari permukaan luar pantat sampai lekukan lutut sebelah dalam kaki bagian bawah |
| 12 | Pkl | Pantat ke lutut | Subyek duduk tegak dengan paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku; ukur jarak horisontal dari permukaan luar pantat sampai permukaan luar lutut |
| 13 | Lb | Lebar bahu | Subyek duduk tegak dengan lengan atas vertikal merapat di sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan atas; ukur jarak horisontal antara kedua lengan atas |

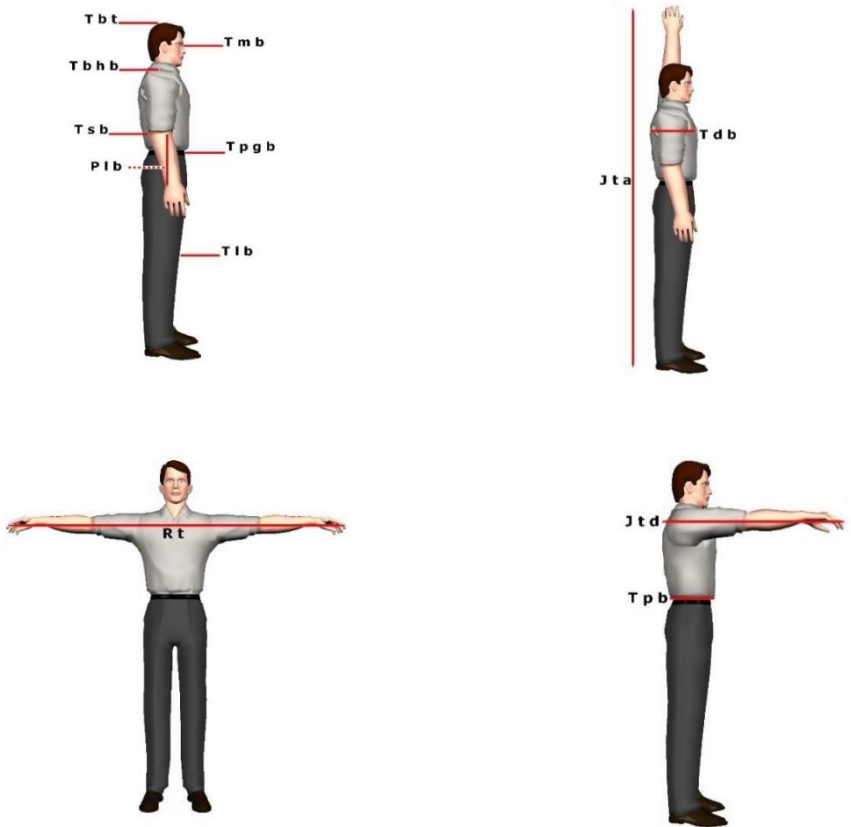
| No | Simbol | Data yang diukur | Deskripsi Pengukuran |
|----|--------|----------------------|---|
| 14 | Lsd | Lebar sandaran duduk | Subyek duduk tegak dengan lengan atas vertikal merapat di sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan atas; ukur jarak horisontal antara kedua tulang belikat |
| 15 | Lp | Lebar pinggul | Subyek duduk tegak dengan lengan atas vertikal merapat di sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan atas; ukur jarak horisontal dari bagian terluar pinggul sisi kiri ke kanan |
| 16 | Lpg | Lebar pinggang | Subyek duduk tegak dengan lengan atas vertikal merapat di sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan atas; ukur jarak horisontal dari bagian terluar pinggang sisi kiri ke kanan |
| 17 | Sks | Siku ke siku | Subyek duduk tegak dengan lengan atas vertikal merapat di sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan atas; ukur jarak horisontal dari bagian terluar siku kiri ke bagian terluar siku kanan |
| 18 | Tbt | Tinggi badan tegak | Subyek berdiri tegak , ukur jarak vertikal dari telapak kaki sampai ujung kepala yang paling atas |
| 19 | Tmb | Tinggi mata berdiri | Subyek berdiri tegak , ukur jarak vertikal dari telapak kaki sampai mata |

| No | Simbol | Data yang diukur | Deskripsi Pengukuran |
|----|--------|---------------------------|--|
| 20 | Tbhb | Tinggi bahu berdiri | Subyek berdiri tegak , ukur jarak vertikal dari telapak kaki sampai bahu |
| 21 | Tsb | Tinggi siku berdiri | Subyek berdiri tegak , ukur jarak vertikal dari telapak kaki sampai siku |
| 22 | Tpgb | Tinggi pinggang berdiri | Subyek berdiri tegak , ukur jarak vertikal dari telapak kaki sampai pinggang |
| 23 | Tlb | Tinggi lutut berdiri | Subyek berdiri tegak , ukur jarak vertikal dari telapak kaki sampai lutut |
| 24 | Plb | Panjang lengan bawah | Subyek berdiri tegak , ukur jarak vertikal dari siku sampai pergelangan tangan |
| 25 | Tdb | Tebal dada berdiri | Subyek berdiri tegak , ukur jarak horisontal dari dada sampai punggung |
| 26 | Tpb | Tebal perut berdiri | Subyek berdiri tegak , ukur jarak horisontal dari perut depan sampai perut belakang |
| 27 | Bb | Berat badan | Menimbang di atas timbangan |
| 28 | Jta | Jangkauan tangan ke atas | Subyek berdiri tegak dengan tangan menjangkau ke atas setinggi-tingginya, ukur jarak vertikal dari telapak kaki sampai ujung jari tengah |
| 29 | Jtd | Jangkauan tangan ke depan | Subyek berdiri tegak dengan betis-punggung-pantat merapat di dinding, tangan menjangkau ke depan sejauh jauhnya, ukur jarak horisontal dari punggung sampai ujung jari tengah |
| 30 | Rt | Rentangan tangan | Subyek berdiri tegak dengan tangan direntangkan ke samping sejauh-jauhnya, |

| No | Simbol | Data yang diukur | Deskripsi Pengukuran |
|----|--------|------------------------|---|
| | | | ukur jarak horisontal dari ujung jari tengah tangan kanan sampai ujung jari tengah tangan kiri |
| 33 | Lj | Lebar jari | Jari-jari subyek lurus dan sejajar , ukur dari sisi luar jari telunjuk sampai sisi luar jari kelingking |
| 34 | Lt | Lebar tangan | Jari-jari subyek lurus dan sejajar , ukur dari sisi luar ibu jari sampai sisi luar jari kelingking |
| 35 | Ptt | Panjang telapak tangan | Jari-jari subyek lurus dan sejajar , ukur mulai dari pangkal pergelangan tangan sampai ujung jari tengah |



Gambar 21. Panduan Pengukuran Antropometri



Gambar 22. Panduan Pengukuran Antropometri

4.2.5. Studi Kasus

PT Veteran merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang furniture rumah tangga. Perusaahn ini terletak di Jl. SWK 104 Yogyakarta yang memproduksi 140 furniture rumah tangga (kursi sofa,

tempat tidur, meja) setiap minggunya. Dalam pembuatan furniture tersebut, operator biasanya meletakkan komponen seperti skrup dengan 7 jenis ukuran, mur dengan 7 jenis ukuran, baut dengan 7 jenis ukuran, paku dengan 9 jenis ukuran dan lain-lain dalam satu tempat yang diletakkan di atas sebuah meja. Tetapi tinggi meja tersebut terlalu rendah sehingga operator/pekerja sering mengeluh sakit pinggang dan operator sering mengalami kesulitan mencari komponen.

Berdasarkan uraian tersebut, rancanglah sebuah meja yang inovatif dengan data antropometri orang Indonesia dan tentukan nilai persentil yang sesuai sehingga operator dapat kembali bekerja dengan nyaman. Perhatikan ketentuan berikut:

1. Ukuran meja harus disesuaikan dengan data antropometri dan perhatikan pemilihan besarnya persentil untuk setiap ukuran komponen meja.
2. Semua komponen yang digunakan dalam pembuatan produk harus tersimpan di meja.
3. Data Persentil

- Panjang meja = $171,92 + 1,645 (7,33) = 183.97 \text{ cm}$
Data antropometri: rentang tangan
Nilai persentil 95%
- Lebar meja = $82,58 \text{ cm}$
Data antropometri: panjang jangkauan tangan
Nilai persentil 50%
- Tinggi meja = 102 cm
Data antropometri: tinggi siku berdiri
Nilai persentil 50%
- Lebar setiap wadah komponen = $14,1 \text{ cm}$
Data antropometri: Lebar telapak tangan sampai ibu jari
Nilai persentil 95%
- Panjang setiap wadah komponen = 18.79 cm
Data antropometri: Panjang telapak tangan
Nilai persentil 50 %

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).

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

- Andriani, M., & Subhan. (2016). Perancangan peralatan secara ergonomi untuk meminimalkan kelelahan di pabrik kerupuk. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016, November*, 1–10. jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek%0A-ISSN
- Astuti, F.A., Gomareuzzaman, M., Titisari, A. 2018. *Urban Farming di Tengah Padatnya Kota*. Buku Panduan. Yogyakarta
- 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.
- Dhaliwal, M. S. (2017). Classification of Vegetable Crops. In *Handbook of Vegetable Crops* (Issue January, pp. 11–17).

- FAO (United Nations Food and Organization). (2006). *The State of Food Insecurity in the World*. www.fao.org/docrep/009/a0750e/%0Aa0750e00.htm
- 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.
- 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>

- 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.
- Narzari, R., Bordoloi, N., Chutia, R. S., & Borkotoki, B. (2015). Chapter 2- Biochar: An Overview on its Production, Properties and Potential Benefits. In *Biology, Biotechnology and Sustainable Development* (Issue September, pp. 13–40). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3966.2560>
- Neves, E. G., Petersen, J. B., Bartone, R. N., & Heckenberger, M. J. (2004). The Timing of Terra Preta Formation in the Central Amazon: Archaeological Data from Three Sites. In *Amazonian Dark Earths: Explorations in Space and Time* (pp. 125–134). Springer.
- Nevius, J. (2015). *No Christopher Columbus was a lost sadist*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2015/oct/12/christopher-columbus-sadist-there-shouldnt-be-a-holiday>
- Nurida, Neneng L., Rachman, A., & Sutono, S. (2015). *Biochar Pembenh Tanah yang Potensial* (Y. Soelaeman & J. Purnomo (eds.)). IAARD Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Nurida, Neneng Laela, Dariah, A., & Rachman, A. (2013). Peningkatan Kualitas Tanah Dengan Pembenh Tanah

- Biochar Limbah Pertanian. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 37(2), 69–78. <https://doi.org/10.2017/jti.v37n2.2013.69-78>
- Patel, T. (2017). Importance of Human Factors and Ergonomic Principles in Agricultural Tools and Equipment Design. *Journal of Ergonomics*, 07(S6), 13–15. <https://doi.org/10.4172/2165-7556.1000.s6-e004>
- Powlson, D. S., Whitmore, A. P., & Goulding, K. W. T. (2011). Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science*, 62, 42–55.
- 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.

- Shrestha, G., Traina, S. J., & Swanston, C. W. (2010). Black carbon properties and role in the environment: A comprehensive review. *Sustainability*, 2, 294–320.
- Sujana, I. P., & Pura, I. N. L. S. (2015). Pengelolaan Tahan Ultisol dengan Pemberian Pembenh 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.
- Tilman, D. (1988). The greening of the green revolution. *Nature*, 396, 211–212.
- U.S. Energy Information Administration. (2010). *International Energy Outlook*.
- Ucihadiyanto, U. (2020). *Bayam*. <https://tanahkaya.com/bayam/>
- 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.
- Wayne, E. (2012). Conquistadors , cannibals and climate change A brief history of biochar. *Journal of Conservation*, June, 5.

- Wijaya, M. (2019). *Potensi Pasar Komoditas Kubis yang Kian Laris*. <https://blog.tanijoy.id/potensi-pasar-komoditas-kubis-yang-kian-laris/>
- Wikipedia. (n.d.). *Francisco Pizarro*. Retrieved September 15, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Francisco_Pizarro
- 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.
- Zare, M., Black, N., Sagot, J. C., Hunault, G., & Roquelaure, Y. (2020). Ergonomics interventions to reduce musculoskeletal risk factors in a truck manufacturing plant. *International Journal of Industrial Ergonomics, 75*(December 2019), 102896. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102896>
- Zhang, R., Zhong, Z., & Huang, Y. (2009). Combustion characteristics and kinetics of bio-oil. *Frontiers of Chemical Engineering, 3*, 119–124.
- Tang, J., W. Zhu, R. Kookana, A. Katayama. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering. 116*(6), 653-659

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. |
| Antropometri | Berasal dari “anthro” yang memiliki arti manusia dan “metri” yang memiliki arti ukuran. Antropometri adalah suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. |
| Ergonomi | Ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi mengenai kemampuan dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut yang lebih baik yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui suatu pekerjaan yang efektif, efisien, aman dan nyaman. |
| Hara | Bermacam-macam mineral yang terdapat di dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk melakukan fotosintesis. |
| <i>Human</i> | Desain yang berpusat pada manusia dalam proses |

| | |
|--|---|
| <i>Centered Design</i> | menciptakan sesuatu berdasarkan karakteristik alami umum dan sangat berfokus pada keadaan psikologi dan persepsi manusia. |
| Kapasitas Tukar Anion (KTA) | Kapasitas lempung untuk menyerap dan menukarkan. 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 menukarkan kation. KTK dipengaruhi berbagai factor, 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 marjinal | Lahan yang rapuh, mudah rusak kelestariannya kalau pengelolaannya tidak tepat. |
| Lahan rawa pasang surut | Lahan rawa yang genangnya dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. |
| Persentil | Suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang-orang yang memiliki ukuran di bawah atau pada nilai tersebut. |
| <i>Rotary Drum Pirolizer</i> | Alat Pirolisis yang terbuat dari drum yang dilengkapi dengan menggunakan tuas putar |

| | |
|----------------------|---|
| Tanah masam | Tanah dengan pH kurang dari 6,5 (pH rendah). Nilai pH menunjukkan jumlah konsentrasi ion hidrogen (H ⁺) didalam tanah. Semakin tinggi kadar ion hidrogen didalam tanah maka semakin rendah nilai pH tanah tersebut dan tanah semakin masam. |
| <i>Urban Farming</i> | Metode peertanian di lahan sempit di kawasan perkotaan dengan memanfaatkan keterbatasan lahan untuk perbaikan lingkungan |
| <i>Wall Planter</i> | Metode penanaman jenis tanaman di dinding secara vertikal dengan media gantung |

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.



AZ. Purwono Budi Santoso

menyelesaikan Pendidikan S1 Ilmu Tanah di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 1983 dan di tahun 1995 beliau berhasil memperoleh gelar master di bidang dan universitas yang sama. Beliau mengawali karir sebagai dosen di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta pada tahun 1985. Sudah banyak sekali karya yang dihasilkan selama beliau mengabdikan menjadi dosen seperti jurnal ilmiah, prosiding, paten, dan buku yang sudah dipublikasikan baik di tingkat nasional maupun internasional. Pada tahun 2009 beliau mendapatkan penghargaan Satya Lancana Karya Satya 20 Tahun oleh Presiden Republik Indonesia dan di tahun 2010 beliau mendapatkan penghargaan Karya Bhakti 25 Tahun oleh Rektor UPN “Veteran” Yogyakarta.



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.



Astrid Wahyu Adventri Wibowo menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta Tahun 2015, dan menyelesaikan S2 Teknik Industri Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada Tahun 2017. Bergabung menjadi Dosen Jurusan Teknik Industri UPN "Veteran" Yogyakarta pada Tahun 2019. Seminar nasional dan

internasional pernah diikutinya. Karya yang dihasilkan selama menjadi dosen, seperti: jurnal ilmiah, HKI, dan buku yang dipublikasikan baik di tingkat nasional maupun internasional.

BIOCHAR: SALAH SATU ALTERNATIF UNTUK PERBAIKAN LAHAN DAN LINGKUNGAN

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* (Neneng L. Nurida et al., 2015). Biochar juga dikenal sebagai arang hayati dengan kandungan karbon hitam berasal dari biomassa, proses biochar melalui pembakaran pada temperatur $<700^{\circ}\text{C}$ dalam kondisi oksigen yang terbatas menghasilkan bahan organik dengan konsentrasi karbon 70-80% (Johannes Lehmann & Joseph, 2012)

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.

ISBN 978-623-7840-80-0

