

Pelatihan Pembuatan Biochar untuk Peningkatan Kompetensi dan Keterampilan Mahasiswa

**Darusman Darusman^{1,3}, Syakur Syakur^{1,3}, Hifnalisa Hifnalisa¹, Hairul Basri¹,
Manfarizah Manfarizah¹, Zaitun Zaitun^{2,3}**

¹Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia 23111

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia 23111

³Pusat Riset Biochar dan Hutan Tropis Lestari, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia 23111

Email Korespondensi: darusman@usk.ac.id

Abstrak

Kegiatan pelatihan biochar dengan berbagai metode bertujuan untuk (1) membimbing dan penyampaian pengetahuan bagi mahasiswa tentang metode pembuatan biochar dari berbagai bahan baku limbah pertanian yang ada di berbagai tempat mahasiswa berada, (2) meningkatkan kompetensi dan keterampilan serta mendorong mahasiswa untuk berwirausaha, dan (3) untuk mendorong pemanfaatan limbah pertanian untuk dijadikan biochar. Tahapan kegiatan yang dilaksanakan meliputi: (1) mempersiapkan metode pembuatan biochar dan bahan baku serta alat yang diperlukan; (2) melakukan penyampaian teori pelatihan teknik pembuatan biochar dengan berbagai metode dan memperlihatkan beberapa produk yang berasal dari biochar yang dapat digunakan untuk pemakaian untuk pertanian dan rumah tangga; (3) mengadakan praktek pelatihan pembuatan biochar untuk mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USK; dan (4) melakukan demonstrasi dan praktek lapangan tentang cara pembuatan biochar dengan metode Kon-Tiki, Drum dan Soil Pit dengan memanfaatkan berbagai limbah pertanian sebagai bahan baku (feedstocks) pembuatan biochar. Hasil kegiatan Pelatihan Pembuatan Biochar untuk Peningkatan Kompetensi dan Keterampilan Mahasiswa meliputi: (1) mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USK telah mendapatkan pengetahuan tentang biochar dan pemahaman tentang cara memproduksi biochar dengan berbagai metode pembuatan biochar dan dapat melihat langsung hasil produksi biochar dengan berbagai metode; (2) mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USK sangat antusias mengikuti pelatihan dan mempraktikkan metode pembuatan biochar dengan berbagai metode; dan (3) adanya peningkatan pengetahuan, kompetensi dan keterampilan mahasiswa setelah mengikuti pelatihan ini, dan sangat berharap kegiatan ini dapat berlanjut dimasa yang akan datang dengan berbagai pengetahuan baru tentang biochar.

Abstract

Biochar training activities with various methods aim to (1) guide and convey knowledge to students about methods for making biochar from various agricultural raw materials waste in various places students, (2) improve competence and skills and encourage students to become entrepreneurs, and (3) to encourage the utilization of agricultural waste to be used as biochar. The stages of the activities carried out include: (1) preparing the methods for making biochar and the raw materials and tools needed; (2) delivering theoretical training on techniques for making biochar using various methods and demonstrating several products derived from biochar that can be used for agriculture and household; (3) conducting practical biochar production training for students of the Soil Science Department, Faculty of Agriculture, USK; and (4) conducting demonstrations and field practice on how to make biochar using the Kon-Tiki, Drum and Soil Pit methods by utilizing various agricultural wastes as raw materials

(feedstocks) for making biochar. The results of the Biochar Production Training activities for Increasing Student Competence and Skills include: (1) from the theoretical training material delivered to students of the Soil Science Department, Faculty of Agriculture USK, they have gained knowledge about biochar and an understanding of how to produce biochar with various methods of making biochar and can see the results biochar production with various methods; (2) the students from the Soil Science Department, Faculty of Agriculture USK were very enthusiastic about participating in the training and practicing the method of making biochar using various methods; and (3) there was an increase in students' knowledge, competence and skills after participating in this training, and really hope that this activity can continue in the future with a variety of new knowledge about biochar.

Keywords: biochar training, agriculture waste, students

PENDAHULUAN

Potensi bahan baku biochar tergolong melimpah yaitu berupa limbah sisa pertanian, terutama yang sulit terdekomposisi atau dengan rasio C/N tinggi. Di Indonesia potensi penggunaan charcoal atau biochar cukup besar, mengingat bahan baku seperti residu kayu, tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit, sekam padi, bambu, kulit buah kakao, tongkol jagung, cukup tersedia (Thahir et al., 2008).

Biomassa banyak digunakan sebagai bahan baku industri pertanian, peternakan, konstruksi dan sebagainya yang pada proses akhirnya akan menghasilkan produk limbah. Limbah biomassa ini akan menjadi masalah jika tidak dimanfaatkan dengan baik, dan pada akhirnya akan menjadi limbah yang tidak berguna dan berpotensi mencemari lingkungan. Pemanfaatan limbah biomassa secara langsung dinilai kurang efisien dan perlu diubah menjadi biochar terlebih dulu. Salah satu cara untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi limbah biomassa tersebut adalah dengan metoda karbonisasi menggunakan teknologi pirolisis yang merupakan salah satu prinsip metoda pembuatan biochar. Pirolisis adalah peristiwa kompleks, dimana senyawa organik dalam biomassa didekomposisi melalui pemanasan tanpa kehadiran oksigen atau dengan oksigen dengan jumlah terbatas (Prayogo, 2012).

Beragamnya sumber bahan baku dan teknik pembuatan biochar dapat mempengaruhi hasil pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Berbagai penelitian di beberapa negara telah banyak dilaporkan, antara lain yang menyangkut mutu dari biochar, pengaruh aplikasinya terhadap lingkungan, sifat-sifat tanah, dan terhadap keragaman tanaman (Lehman dan Joseph, 2010). Di Indonesia, topik ini juga sudah banyak menarik perhatian peneliti untuk mempelajari manfaat aplikasinya (Kurniawan et al., 2016).

Dalam beberapa tahun terakhir, di beberapa negara seperti Jepang dan Australia mulai berkembang penggunaan arang (biochar) di bidang pertanian, yaitu salah satunya dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah. Di Indonesia sendiri, pemanfaatan biochar untuk pertanian dan kehutanan mulai berkembang pada awal tahun 2000. Aplikasi biochar ke lahan pertanian (lahan kering dan basah) dapat meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air dan hara, memperbaiki kegemburan tanah, mengurangi penguapan air dari tanah dan menekan perkembangan penyakit tanaman tertentu serta menciptakan habitat yang baik untuk mikroorganisme simbiotik (Balittanah, 2009).

Laju dekomposisi (pelapukan) bahan organik tergolong tinggi, sehingga bahan pembenah tanah organik alami yang digunakan lebih bersifat sementara (*temporary*). Saat ini telah mulai berkembang di dunia, penggunaan biochar/arang limbah pertanian sebagai bahan pembenah tanah alternatif. Biochar mampu bertahan lama di dalam tanah atau mempunyai efek yang relatif lama, atau relatif resisten terhadap serangan mikroorganisme, sehingga proses dekomposisi berjalan lambat (Tang et al., 2013). Beberapa tahun silam penduduk asli Amazon telah memberikan *charcoal* ke dalam tanah dan hingga

saat ini (100-1000 tahun kemudian) terbukti bahwa kualitas sifat fisik dan kimia tanah tersebut jauh lebih baik dibandingkan dengan tanah sekitarnya (Steiner et al., 2007).

Fungsi biochar khususnya dalam bidang pertanian sangat tergantung pada karakteristik biochar tersebut. Karakteristik biochar tersebut meliputi pH, kemampuan meretensi air, kandungan C-total, kapasitas tukar kation, dan kandungan unsur hara. Perbedaan bahan baku dan proses produksi biochar (tipe alat pembakaran, suhu pembakaran, dan lama pembakaran) akan menghasilkan sifat fisik-kimia biochar yang berbeda, sehingga menggunakan perbedaan metode dan bahan baku sebagai pembuatan biochar penting untuk menentukan kualitas biochar. Kualitas serapan dan luas permukaan biochar banyak dipengaruhi oleh temperatur pembuatannya, sedangkan kandungan nutrisi tanaman pada biochar bervariasi tergantung pada bahan baku yang digunakan (Gaskin et al., 2008).

Mutu biochar ditentukan oleh bahan baku dan proses produksinya termasuk metoda yang digunakan, maka diperlukan suatu standar mutu untuk menjamin dampak positif penggunaannya. Standar mutu biochar seperti yang diterbitkan oleh IBI (*International Biochar Initiative*) sangat diperlukan untuk menjamin manfaat bagi pengguna di berbagai bidang aplikasi khususnya di bidang pertanian. Berbagai metode pembuatan biochar telah tersedia mulai dari yang menggunakan tungku tradisional sampai yang modern. Pemanfaatan biochar terutama untuk pertanian dilakukan diantaranya diperuntukkan untuk ameliorasi tanah. Hal ini karena biochar mempunyai fungsi dan kemampuan dalam memperbaiki tanah yang sudah terdegradasi secara fisika, kimia dan biologi.

Disadari bahwa pembuatan dan pemanfaatan biochar untuk pertanian masih terbatas yang disebabkan salah satu diantaranya dikarenakan kurangnya pengetahuan tentang metode pembuatan biochar dan kurangnya pemanfaatan hasil-hasil penelitian tentang biochar yang telah banyak dilakukan dan dipublikasikan, maka dengan demikian diperlukan kegiatan pelatihan pembuatan biochar untuk peningkatan kompetensi dan keterampilan mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, sehingga mahasiswa dapat meningkatkan pengetahuannya tentang teknik pembuatan biochar dengan berbagai metode dengan memberikan pengetahuan dasar dalam memproduksi biochar bagi mahasiswa.

Kegiatan pelatihan biochar dengan berbagai metode adalah untuk membimbing dan penyampaian pengetahuan bagi mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah tentang metode pembuatan biochar dari berbagai bahan baku limbah pertanian yang ada di berbagai tempat mahasiswa berada. Pengetahuan dan pemahaman mahasiswa tentang pembuatan biochar sangat penting terutama bagi mahasiswa jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala dalam rangka meningkatkan kompetensi dan keterampilan serta mendorong mahasiswa untuk berwirausaha. Disamping itu juga untuk mendorong pemanfaatan limbah pertanian untuk dijadikan biochar. Oleh karena itu kegiatan pelatihan pembuatan biochar untuk para mahasiswa Jurusan studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala sangat penting dilakukan.

METODE

Tempat kegiatan pelatihan ini dilaksanakan di Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala (USK) dan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala yang terletak di Dusun Timur, Desa Kopelma Darussalam, Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh. Kegiatan penyampaian teori pelatihan dilaksanakan di Fakultas Pertanian USK, sedangkan praktik pembuatan biochar dengan berbagai metode dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala yang terletak di Dusun Timur, Desa Kopelma Darussalam, Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh. Pelaksanaan kegiatan tersebut telah berlangsung pada Tanggal 28-29 Juli 2022. Adapun alat-alat dan bahan yang diperlukan adalah: buku tulis, bahan presentasi, ATK, Alat produksi biochar Kon-tiki, drum dan Soil Pit, LCD Projector, bahan baku biochar, cangkul, sekop, dan kamera.

Peserta pelatihan adalah mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala dari berbagai Angkatan dengan jumlah sebanyak 30 orang mahasiswa. Selain itu juga dihadiri juga oleh beberapa dosen Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USK. Tahapan kegiatan yang dilaksanakan meliputi :

- Mempersiapkan metode pembuatan biochar dan bahan baku serta alat yang diperlukan.
- Melakukan penyampaian teori pelatihan teknik pembuatan biochar dengan berbagai metode dan memperlihatkan beberapa produk yang berasal dari biochar yang dapat digunakan untuk pemakaian untuk pertanian dan pemakaian untuk rumah tangga.
- Mengadakan praktek pelatihan pembuatan biochar untuk mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USK.
- Melakukan demonstrasi dan praktek lapangan tentang cara pembuatan biochar dengan metode Kon-Tiki, Drum dan Soil Pit dengan memanfaatkan berbagai limbah pertanian sebagai bahan baku (*feedstocks*) pembuatan biochar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Target dari Pelatihan Pembuatan Biochar untuk Peningkatan Kompetensi dan Keterampilan Mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala ini adalah para mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USK dari berbagai angkatan dan luaran yang dicapai adalah: pencapaian hasil pelatihan berupa pengetahuan tentang metode pembuatan biochar dengan pemanfaatan berbagai bahan baku limbah pertanian setempat yang dapat dipraktekkan/dicoba oleh para mahasiswa dan hasilnya berupa biochar yang akan diamati langsung oleh mahasiswa.

Dari hasil pelatihan pembuatan biochar ini, para mahasiswa telah mendapatkan pengetahuan yang memadai tentang teknik pembuatan biochar dan mereka antusias untuk mendapatkan informasi-informasi yang terkait dengan produk-produk dari biochar seperti penyaring air, pasta gigi, masker dan lain-lain. Disamping itu juga pelatihan juga difokuskan pada penggunaan biochar dalam bidang pertanian. Pada saat pelatihan juga diperlihatkan produk-produk biochar yang dapat digunakan dalam kebutuhan rumah tangga, juga ditampilkan hasil-hasil pertanian dari hasil aplikasi biochar, dengan demikian mahasiswa terlihat memiliki antusias yang tinggi tentang biochar.

Metode pembuatan biochar yang telah dijelaskan kepada mahasiswa adalah menggunakan metode Kon-tiki, Drum dan Soil Pit. Kon-Tiki terbuat dari baja dengan diameter atas 1,50m, ketinggian 0,90 m, dan kemiringan dinding 63,5 derajat. Bentuk tungku Kon-Tiki dibuat kerucut curam dipilih agar biochar yang dihasilkan dipadatkan dengan baik dan membuat permukaan depan yang konsisten untuk membawa oksigen. Tergantung pada jenis, tekstur bahan baku, dan kadar air dari bahan baku, dibutuhkan 2-8 jam untuk menghasilkan sekitar 1 meter kubik biochar diversi terbaru dari Kon-Tiki dengan sudut samping 70 derajat. Jika menggunakan serpihan kayu kering, hanya membutuhkan waktu sekitar dua jam dan kayu yang belum kering membutuhkan 4-5 jam (Schmidt et al., 2014).

Metode Kon-Tiki juga sudah diujicobakan oleh Balai Penelitian Tanah di KP Taman Bogo Lampung, Lamongan, dan Nusa Tenggara Timur. Kon-Tiki dirancang pada tahun 2014 oleh Hans Peter Schmidt di Swiss, dan sekarang sudah menyebar ke berbagai belahan dunia. Nama Kon-Tiki berasal dari nama perahu sederhana (rakit) yang dipakai oleh Thor Hayerdahl untuk menyeberang dari Peru ke kawasan Polynesia (Kepulauan Tuamotu) pada tahun 1947. Kon-Tiki sendiri adalah nama dewa matahari bangsa Inca. Hayerdahl ingin membuktikan bahwa orang-orang jaman dahulu sudah mampu melakukan pelayaran jarak jauh dengan alat sederhana, dan mampu berinteraksi dengan kebudayaan lain.

Kon-Tiki untuk produksi biochar bisa dibuat dari plat besi yang berbentuk kerucut (cone) ataupun hanya dengan galian yang juga berbentuk kerucut (cone). Pembakaran dengan menggunakan Kon-Tiki dengan volume 2 m³ dapat menghasilkan 500 kg biochar, dalam waktu 3 jam. Pembuatan biochar dengan metode Kon-Tiki yaitu pembakaran dengan sedikit asap. Pembakaran dilakukan secara bertahap, bahan pertama diletakkan sebagai sumber pengapian agar api dapat menyala. Ketika bahan tersebut sudah menyala sempurna, tambahkan kembali bahan lainnya, kemudian api dijaga agar tetap menyala. Proses tersebut dilakukan secara berulang hingga kapasitas Kon-Tiki terpenuhi. Proses dikatakan selesai jika sudah terbentuk lapisan abu pada bagian atas. Dari segi keamanan bagi lingkungan, Kon-Tiki dianggap relatif lebih baik dari cara retort. Konsentrasi CO dan NO_x yang dihasilkan Kon-Tiki lebih rendah dari cara retort. Proses pembakaran tanpa asap menjaga produksi bahan-bahan pencemar pada proses pembuatan biochar dengan Kon-Tiki selalu rendah (Jubaedah, 2014).



Gambar 1. Kegiatan Pelatihan di dalam Kelas



Gambar 2. Kegiatan Pelatihan di Lapangan

Balai Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian setidaknya sudah menerapkan dua macam metode/teknologi bersih dan relatif lebih murah dibanding dengan alat produksi skala industri yaitu tungku bata/retort (*Adam Retort Kiln/ARK*) dan Tungku Kon-Tiki. ARK adalah tungku bata modifikasi yang dirancang oleh J.C. Adam, versi murah dari tungku *retort* yang dipakai di negara maju. ARK diklaim memiliki produktivitas lebih baik dari pada tungku tanah tradisional (pembakaran di dalam galian tanah/*Soil pit/earth mound kiln*), 20-30% lebih tinggi dan dengan pengurangan emisi gas hingga 75%. ARK sudah dibangun di KP Taman Bogo. Kekurangan dari ARK

adalah dibutuhkan jumlah kayu yang banyak sebagai sumber pengapian awal. ARK juga tidak bisa dikatakan sebagai alat produksi skala kecil, tetapi lebih cocok diterapkan pada kelompok tani (Jubaedah, 2014).

Produksi *biochar* dengan menggunakan metode drum tertutup (*retort*) menghasilkan *biochar* yang masak seluruhnya, porositas dan kemampuan menahan air tinggi, KTK dan daya pengapuran relatif tinggi serta kandungan bahan mudah menguap rendah (Kanouo *et al.*, 2017), sedangkan produksi *biochar* dengan metode drum terbuka dan konvensional menghasilkan *biochar* yang tidak masak seluruhnya, sehingga daya benahnya relatif kurang efektif terutama berkaitan dengan kandungan bahan mudah menguap (*volatile matter*) yang diduga relatif tinggi (Sun *et al.*, 2015).

Produksi *biochar* dalam lubang tanah adalah teknik lama yang berusia beberapa ribu tahun. Sebelum mulai di Institut Ithaka untuk mengembangkan Kon-Tiki yang terbuat dari baja sudah melakukan uji coba pertama dan mendapatkan pengalaman membuat *biochar* di lubang tanah. Ada beberapa kelemahan dibandingkan dengan baja biasa Kon-Tiki, karena dinding tanah liat dari lubang tanah adalah isolator dan bukan reflektor, suhu dalam lubang tanah kurang homogen dan pembakaran gas pirolisis kurang optimal (Schmidt, 2014).

Lubang tanah tradisional biasanya menghasilkan *biochar* berkualitas baik meskipun hanya kayu gelondongan bernilai tinggi yang dapat digunakan sebagai bahan baku (Pennise, 2001). Josiah Hunt pertama kali menguji produksi *biochar* di tanah terbuka. *Soil pit* ini menghasilkan beberapa ratus liter *biochar* yang tampaknya terbaik dalam lubang galian berbentuk kerucut. Keberhasilan itu merupakan alasan yang cukup untuk berpikir secara lebih rinci dan mempertimbangkan bagaimana prinsip yang diuraikan dapat diimplementasikan dan dikendalikan secara teknis. Galian tanah tradisional biasanya menghasilkan *biochar* berkualitas baik meskipun hanya kayu gelondongan bernilai tinggi yang dapat digunakan sebagai bahan baku (Schmidt, 2014).

PENUTUP

Dari hasil kegiatan Pelatihan Pembuatan Biochar untuk Peningkatan Kompetensi dan Keterampilan Mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari materi teori pelatihan yang disampaikan kepada mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USK telah mendapatkan pengetahuan tentang biochar dan pemahaman tentang cara memproduksi biochar dengan berbagai metode pembuatan biochar dan dapat melihat langsung hasil produksi biochar dengan berbagai metode.
2. Para mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian USK sangat antusias mengikuti pelatihan dan mempraktikkan metode pembuatan biochar dengan berbagai metode.
3. Adanya peningkatan pengetahuan, kompetensi dan keterampilan mahasiswa setelah mengikuti pelatihan ini, dan sangat berharap kegiatan ini dapat berlanjut dimasa yang akan datang dengan berbagai pengetahuan baru tentang biochar.

REFERENSI

- Gaskin JW, Steiner C, Harris K, Das KC, & Bibens B. (2008). Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *T Asabe* 51:2061–2069
- Jubaedah. (2014). Teknologi Peningkatan Cadangan Karbon Lahan Kering dan Potensinya Pada Skala Nasional dalam Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian.

- Kanouo, B.M.D., S.E. Allaire & A.D. Munson. (2017). Quality of *Biochars* Made from Eucalyptus Tree Bark and Corncob Using a Pilot Scale Retort Kiln. *Waste Biomass Valor*. doi: 10.1007/s12649-017-9884-2.
- Kurniawan, A., Haryono, B., Baskara, M., & Tyasmoro, S. Y. (2016). Pengaruh penggunaan biochar pada media tanam terhadap pertumbuhan bibit tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(2).
- Lehmann, J. & S. Joseph. (2010). *Biochar for Environmental Management*. 2nd Ed. Earthscan Pub.Co. London, UK.416 pp.
- Pennise, D.M., K.R. Smith, J.P. Kithinji, M.E. Rezende, T.J. Raad & J. Zhang. (2001). Emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 106: 24143- 24155.
- Schmidt, H.-P., Kammann, C., Niggli, C., Evangelou, M. W. H., Mackie, K. A., & Abiven, S. (2014). Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil: Influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grapequality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 191, 117–123.
- Steiner, C. Teixeira W., Lehmann J., Nehls T., de Macêdo J., Blum W., & Zech W., (2007). Long Term Effects of Manure, Charcoal and Mineral Fertilization on 41 Crop Production and Fertility on a Highly Weathered Central Amazonian Upland Soil. *Plant and Soil* 291: 275–290.
- Sun, D., J. Meng, H. Liang, E. Yang & Y. Huang. (2015). Effect of volatile organic compounds absorbed to fresh *biochar* on survival of *Bacillus mucilaginosus* and structure of soil microbial communities. *Soils Sediments*. 15:271-281. doi: 10.1007/s11368-014-0996-z.
- Tang, J., Zhu, W., Kookana, R., & Katayama, A. (2013). Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 116(6), 653–659.
- Tahir, S., Gul, S., Ghori, S. A., Sohail, M., Batool, S., Jamil, N., & Butt, M. R. (2008). Biochar influences growth performance and heavy metal accumulation in spinach under wastewater irrigation. *Cogent Food And Agriculture*, 4, 1–12