

PENGOLAHAN SAMPAH DENGAN PYROLISA UNTUK PRODUKSI BIO-CHAR DAN BIO-CRUDE OIL (BCO)

WASTE TREATMENT WITH PYROLYSIS FOR BIO-CHAR AND BIO-CRUDE OIL (BCO) PRODUCTION

¹Joni Prasetyo, ²Wiwik Indrawati

^{1,2}Fakultas Teknik Universitas Pamulang Tangerang Srlatan
Email : ¹dosen01728@unpam.ac.id, ²dosen00048@unpam.ac.id

ABSTRACT

Energy plantations, with sufficient lignocellulose products as raw material, have the potential to be used as a renewable fuel to replace fuel oil. Methods of supplying raw materials through energy plantations. Selection of the right types of plants, rapid growth, no need for maintenance, easy harvesting, are the criteria for continuous supply of raw materials. With the development of smart pyrolysis technology, this biomass model is safe enough to be operated by the general public. The combination of pyrolysis with a suitable catalyst is expected to increase its economic value and can become a strategic step to overcome national energy problems. The selection of plant types with growth will be carried out according to the region. The planting method will be carried out to maintain the continuity of the pyrolysis process so that product continuity is produced. Optimization of raw material pretreatment is carried out to maximize yield. Process operating conditions and the selection of catalysts to obtain a stable product by regulating temperature and pressure as well as characterizing the pyrolysis process. With the right technology innovation and development, it will increase the conversion efficiency of Bio-Char and Bio-Crude Oil. The design of the prototype is carried out to study the characteristics of the pyrolysis catalyst process, by looking at the element of safety, the main parameter that determines the performance of the pyrolysis with catalyst. The simplification of the model to be used by the community from the developed prototype is expected to be used by the general public safely at the expected performance. Bio-Char products, which are equivalent to high quality coal, can be directly utilized by the community. Bio-Crude Oil products can be used as raw material for the manufacture of Green Petroleum which, through a further upgrading process, can become Green Diesel, Bio Jet or Green Kerosene and Green Gasoline. Each of these fuels can replace BBM. The development of technological innovations to obtain alternative fuels from renewable sources must be started. This must be done in order to anticipate the future crisis of fossil fuels so as not to cause shock in the community.

Keywords: waste, pyrolysis, biochar, BCO, renewable fuels

ABSTRAK

Perkebunan Energi, dengan produk lignocellulose yang memadai sebagai bahan baku punya potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar terbarukan pengganti BBM. Metode penyediaan bahan baku melalui perkebunan energi. Pemilihan jenis tanaman yang tepat, pertumbuhan pesat, tidak perlu pemeliharaan, pemanenan yang mudah, merupakan kriteria untuk penyediaan bahan baku secara kontinyu. Dengan pengembangan teknologi pyrolisa yang smart, model biomasa ini cukup aman untuk dioperasikan oleh masyarakat umum. Kombinasi pyrolisa dengan katalis yang sesuai diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomisnya serta bisa menjadi satu langkah strategis untuk mengatasi masalah energi nasional. Pemilihan jenis tanaman dengan pertumbuhan akan dilakukan sesuai dengan wilayahnya. Metode penanaman akan dilakukan untuk menjaga kontinuitas proses pyrolisa sehingga dihasilkan kontinuitas produknya. Optimasi pretreatment bahan baku dilakukan untuk memaksimalkan yield. Kondisi operasi proses dan pemilihan katalis untuk mendapatkan produk yang stabil dengan mengatur suhu dan tekanan serta karakterisasi proses pyrolisa. Dengan inovasi dan pengembangan teknologi yang tepat, akan meningkatkan efisiensi konversi Bio-Char dan *Bio-Crude Oil*. Perancangan prototype dilakukan untuk mempelajari karakteristik proses pyrolisa berkatalis, dengan melihat unsur keamanan, parameter utama yang menentukan kinerja pyrolisa berkatalis. Penyederhanaan model untuk dimanfaatkan masyarakat dari prototype yang dikembangkan tersebut, diharapkan bisa digunakan masyarakat umum dengan aman pada performansi yang diharapkan. Produk Bio-Char yang setara dengan batubara kualitas tinggi bisa dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat. Produk Bio-Crude Oil bisa digunakan sebagai bahan

baku untuk pembuatan Green Petroleum yang melalui proses upgrading lebih lanjut bisa menjadi Green Diesel, Bio Jet atau Green Kerosene dan Green Gasoline. Masing-masing bahan bakar tersebut bisa untuk menggantikan BBM. Pengembangan inovasi teknologi untuk mendapatkan bahan bakar alternative dari sumber terbarukan ini harus dimulai. Hal ini harus dilakukan dalam rangkaantisipasi krisis bahan bakar fosil dimasa datang sehingga tidak menimbulkan shock di masyarakat.

Kata Kunci: sampah, pyrolisa, biochar, BCO, bahan bakar terbarukan

PENDAHULUAN

Krisis energi yang melanda Indonesia pada prinsipnya merupakan krisis bahan bakar. Pada kasus pemakaian BBM yang masih cukup besar dan kurang efisien (*high cost*) seperti batubara untuk PLTU saat ini masih sulit untuk dipenuhi dengan kualitas yang sesuai karena sebagian batubara kualitas bagus dialokasikan untuk ekspor.

BBM dengan sumber daya energi fosil yang semakin terbatas, maka harus dilakukan inovasi dan pengembangan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan. Manfaat lain dari sumber energi terbarukan adalah berkaitan dengan lingkungan hidup, untuk mengurangi pemanasan global dengan siklus CO₂. Energi alternatif sudah seharusnya mulai menjadi pilihan untuk mengurangi beban penyediaan BBM fosil. Untuk itu, upaya pemerintah dalam meningkatkan pemanfaatan energi alternatif untuk substitusi BBM perlu didukung oleh semua pihak dan dipercepat realisasinya dengan memanfaatkan segala potensi sumberdaya melalui tahapan kegiatan riset dan inovasi teknologi.

Terkait dengan pemberdayaan sumberdaya energi terbarukan, maka dimanfaatkan biomassa, sampah rumah tangga yang banyak mengandung biomassa. Biomasa tersebut bisa dikonversi menjadi bio-char dan crude bio-oil dengan cara pirolisis sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomisnya serta bisa menjadi satu langkah strategis untuk mengatasi masalah energi nasional. Pirolisis akan mendekomposisi secara termal sampah organik tanpa Oksigen. Pyrolisa biomassa menawarkan beberapa keuntungan dibandingkan pembakaran langsung dan gasifikasi yaitu produk bio-char dan crude bio oil yang secara kuantitas lebih banyak.

Tabel 1. Perbandingan Produk dari Konversi Biomassa secara Termokimia

Proses	Arang	Liquid	Gas
Pyrolisis	12 %	75 %	13 %
Pembakaran Langsung	35 %	30 %	35 %
Gasifikasi	10 %	5 %	85 %

Dengan rancang bangun yang tepat, pemilihan material dan model pemantauan serta pengendalian panas yang benar, reaktor pyrolysis akan bekerja lebih efisien dalam penggunaan energi. Kinerja Peralatan Reaktor Pirolisis ini untuk menghasilkan Bio Char yang mampu menggantikan batu bara kualitas tinggi. Produk terpentingnya adalah Bio-crude oil yang dengan pengolahan lanjutan (upgrading) bisa menjadi **Green Petroleum** dimana dengan fraksinasi akan dihasilkan **green diesel, bio jet (kerosene) dan bio gasoline**.

METODE PENELITIAN

Pemilihan bahan baku yang seragam akan dihasilkan produk yang seragam untuk parameter proses yang sama.

a. Proses pyrolisa

Proses pyrolisa dioptimasi berdasarkan kondisi operasi. Pirolisis dilakukan mulai dari 300°C dan ditargetkan untuk bisa melakukan percobaan sampai 550 °C dengan meminimalisasi kandungan oksigen pada sistem pyrolisa. Ada 3 jenis output dari proses pyrolisa yang meliputi Bio-char, Bio-Crude Oil, dan gas. Yield produk ini akan diukur berdasarkan produk cair dan padatnya. Produk pyrolisa ini juga akan diarahkan dengan mengkombinasikan katalis pada proses pyrolisa ini. Katalis juga digunakan untuk meminimalkan gas sehingga meningkatkan yield.

b. Analisis

Produk pyrolisa ini akan dianalisa: Densitas, kinematik viskositas, Flash point, Nilai kalor, Komponen bio kimia pada Bio-Crude Oil.

Komposisi unsur

Komposisi unsur C, H, dan N ditentukan menggunakan penganalisis unsur (Thermo Finnigan EA-1112, Thermo Fisher Scientific Inc., MA, USA); konten O ditentukan oleh Vario El cube, sistem Elementar Analysen GmbH.

Analisis termal

Analisis termal biochar dilakukan dengan menggunakan penganalisis termal SDT-2960 simultan DSC-TGA (Instrumen TA) dalam atmosfer statis dengan berikut ini peningkatan suhu: (1) keseimbangan suhu pada 30 C, diikuti oleh pemanasan linier

(dengan kecepatan 5 C / mnt) dari 30 hingga 105 C; (2) isoterm selama 10 menit; (3) dan ramping dari 5 C / menit dari 105 hingga 680 C.

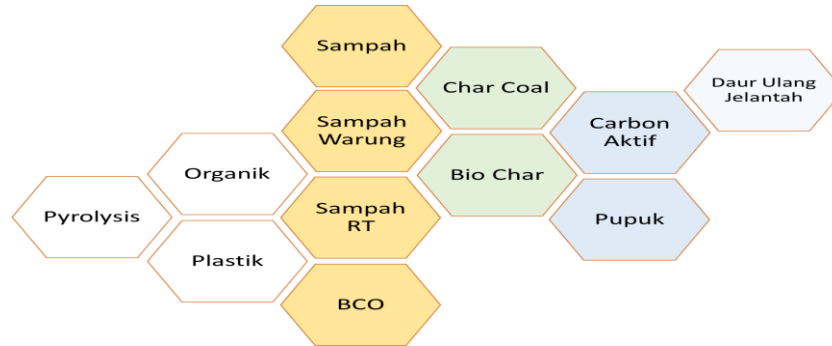
Spektroskopi Fourier-transform infrared (FT-IR)

Spektroskopi FT-IR dianalisis pada Varian 670-IR (Agilent Technologies Inc., CA) menggunakan teknik pelet mencampur 1 mg biochar kering dengan 300 mg pra-kering dan bubuk KBr spektroskopi berdenyut (dari Merck dan Co, Stasiun Whitehouse, NJ). Berikut penugasan pita lebar digunakan (Chen dan Chen, 2009; Haslinawati et al., 2011; Novak et al., 2010; Peng et al., 2011; Yuan et al., 2011; Wu et al., 2012; Guo dan Chen, 2014): 3400 hingga 3410 /cm, vibrasi peregangan O – H ikatan H dari hidroksil kelompok dari alkohol, fenol, dan asam organik; 2850 hingga 2950 / cm, peregangan C-H dari struktur alkil; 1620–1650 /cm, getaran CDC aromatik dan olefinik, CDO dalam kelompok amida (I), keton, dan kuinon; 1580 hingga 1590 /cm, COO peregangan asimetris; 1460 /cm, C – H deformasi kelompok CH₃; 1280–1270 / cm, peregangan O – H senyawa fenolik; dan tiga band sekitar 460, 800, dan 1000–1100 / cm lengkungan peregangan Si – O. Resonansi magnetik nukleat padat (NMR) spektroskopi Pemintalan sudut silang polarisasi (CPMAS) ¹³C nuklir spektra resonansi magnetik (¹³C-NMR) diperoleh dari sampel padat dengan Varian 300, dilengkapi dengan Probe MAS bore lebar 4mm, beroperasi pada ¹³C beresonansi frekuensi 75,47 MHz. Tugas berikut ini puncak dan pita digunakan (Brewer et al., 2009; Calvero, 2011). Puncak sekitar 30 ppm ditugaskan untuk rantai metilenat dan / atau gugus CH₂ dari berbagai lipid senyawa dan lilin tanaman; dua puncak pada 55 dan 70 ppm ditugaskan untuk gugus metoksi dan O-alkil, karakteristik senyawa yang relatif mudah terurai secara hayati seperti selulosa dan hemiselulosa; pita lebar sekitar 130 ppm adalah ditugaskan untuk substitusi alkil dalam cincin fenil p-hidroksi unit cinnamic dan p-coumaric dari kedua lignin dan biopolimer suberin dan juga untuk sebagian terdegradasi struktur lignin dan karbon aromatik terkondensasi dan olefinik; dan puncak tajam pada 170 ppm ditugaskan untuk kandungan besar gugus karboksil dalam asam alifatik dari asal tumbuhan dan mikroba dan / atau gugus amida dalam asam amino moieties. Spektrum terintegrasi dalam pergeseran kimia (ppm) interval resonansi 0–45 ppm (karbon parafin), 46-65 ppm (metoksi C dari OCH₃, dan alifatik kompleks karbon), 66–90 ppm (O-alifatik C seperti alkohol dan eter), 91–145 ppm (karbon aromatik), 145–160 ppm (fenolik karbon), 160–

185 ppm (karboksil, amida, dan ester), dan 185–220 ppm (karbonil) (Wang et al., 2007; Zhang et. al., 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan riset jangka Panjang dijelaskan dengan skema penelitian berikut ini:



Gambar 1. Skema Penelitian Teknologi Pyrolisa untuk Pengolahan Sampah

Teknologi pyrolisa ini dirancang untuk pengolahan sampah baik yang bersifat organik maupun untuk plastik. Adapun plastik sampai saat ini belum diujicobakan pada pyrolisa ini, akan dilakukan dimasa yang akan datang. Khusus untuk plastik akan di olah untuk diproses menjadi minyak, yang disebut dengan Bio Crude Oil. Adapun sampah saat ini telah diujicobakan dengan proses pyrolisa dan penerapan hasilnya baik sebagai pembedah tanah (atau pupuk) maupun untuk daur ulang minyak goreng bekas.

Proses pyrolisa untuk dahan dan ranting dilakukan pada suhu 300° C dalam kondisi tertutup sehingga tidak ada O₂ dari udara yang masuk. Pengujian tidak adanya O₂ dilakukan sebelumnya dengan memanaskan alat pyrolisa sehingga mencapai suhu 300°C, kemudian pemanas dimatikan dan Carbon yang masih panas tersebut dibiarkan kontak dengan udara, Bio Char ini langsung menjadi bara dan sebagian besar menjadi abu. Sedangkan pembuatan Bio Char dengan teknologi pyrolisa dengan mencegah kontak dengan udara, menjadikan dahan dan ranting tadi menjadi Bio Char sebagaimana yang ditunjukkan gambar 2 dibawah ini.

Bio Char untuk Pembedah Tanah

Bio Char yang dibuat dari ranting dan dahan, sebenarnya sudah sejak lama diterapkan secara tradisional untuk meningkatkan kualitas tanah. Pendekatan baru dilakukan dengan teknologi pyrolisa untuk menggali potensi yang dimilikinya untuk memulihkan tanah yang habis, meningkatkan ketahanan pangan, dan membantu dalam

upaya perubahan iklim bila digunakan sebagai amandemen tanah. Biochar memiliki struktur permukaan yang berpori dan sifat kimiawi yang memungkinkan untuk mengadsorpsi dan menahan partikel kecil. Pengkondisian nutrisi yang dilakukan agar tertahan pada bio char akan memberi manfaat untuk kimia pertanian, serta menyediakan tempat bagi mikro-organisme untuk hidup. Biochar tidak begitu rentan terhadap degradasi dan kerusakan, bertahan lebih lama di dalam tanah dibandingkan jenis bahan organik lainnya, sehingga efeknya tahan lama⁷.

Pengujian pada tanaman telah dilakukan dengan melakukan variasi berikut ini.

Sampel A: Control Negatif, tanah tanpa penambahan apapun.

Sampel B: Penambah pupuk NPK.

Sampel C: Penambahan bio char.

Sample D: Penambahan pupuk NPK dan bio char.

Pengamatan berdasarkan kecepatan pertumbuhan tanaman yang dilakukan anggota peneliti mahasiswa memberikan penilaian sebagai berikut:

Tabel 2. Pengamatan Pertumbuhan Tanaman

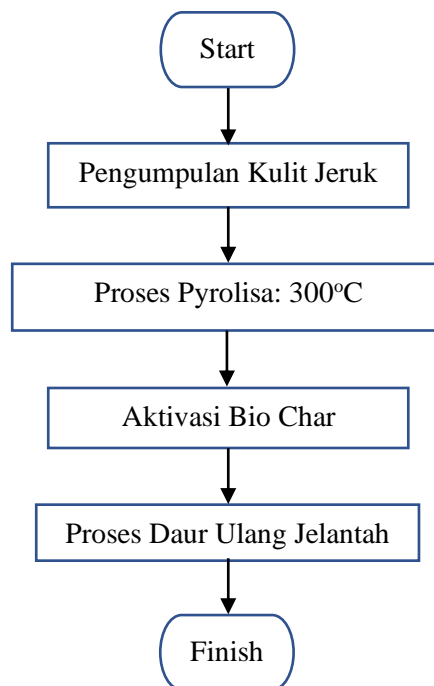
Minggu ke	Control (-)	+ NPK	+ Bio Char	+ NPK + Bio Char
1	-	+	+	++
2	-	+	+	++
3	-	+	+	++

Pada pengamatan yang dilakukan menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman bio char ini hampir sama dengan penambahan pupuk NPK. Pertumbuhan yang paling cepat adalah dengan kombinasi bio char dan pupuk NPK memberikan hasil yang lebih baik lagi. Kompilasi data ini menunjukkan bahwa peranan dalam penyuburan tanah yang terjadi karena penambahan NPK dan bio char mempunyai peranan yang berbeda. Ditunjukkan dengan menggabungkan NPK dan bio char memberikan hasil yang lebih baik lagi. Bio char tidak memberikan tambahan unsur hara pada tanah sebagaimana NPK, tetapi bio char memberikan pengkondisian tertentu pada tanah sehingga tanah menjadi lebih gembur. Oleh karena itu, Ketika digabungkan bio char dan NPK menjadikan NPK bisa berperan lebih efektif dalam penyuburan tanah. Bio char ini membantu penyuburan dan efektifitas unsur hara yang dibawa pupuk. Bio char ini bisa dikatakan berfungsi sebagai pembedah tanah.

Bio Char untuk Carbon Aktif

Untuk pemanfaatan bio char menjadi Carbon aktif, maka perlu dilakukan aktivasi bio char. Aktivasi dilakukan untuk membersihkan pori-pori pada bio char dengan menggunakan H_3PO_4 . Bio char tersebut direndam semalam dan dipanaskan lagi sampai suhu $300^\circ C$. Selanjutnya bio char ini digunakan untuk mendaurulang minyak goreng bekas. Mengembalikan minyak goreng dengan kualitas seperti sebelumnya.

Pada penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan Carbon aktif yang ada di pasaran (komersial). Carbon aktif komersial ini pada umumnya dibuat dari batu bara jenis antrasit. Sedangkan pada penelitian ini pembuatan Carbon aktif dari buangan penjual minuman air jeruk. Perlakuan pada sampah kulit jeruk ini mengikuti prosedur sebagai berikut:



Gambar 2. Flow Chart Pembuatan Carbon Aktif dari Bio Char

Pada saat ini, Carbon aktif tersebut digunakan untuk proses daur ulang minyak goreng bekas (jelantah) menjadi minyak goreng yang bisa digunakan kembali. Adapun untuk proses pembersihan jelantah terdiri dari 2 tahap:

1. Larutan NaOH 1 M.
2. Penyaringan dengan Carbon aktif.

Kualitas Jelantah setelah mengalami proses daur ulang ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data Hasil Kandungan Logam

Kode Sampel	A	B	C
Berat Sampel mg/kg	0,4992	0,5136	0,5094
Arsen (As)	0,0056	0,0064	0,0014
Cadmium (Cd)	-	-	-
Mercuri (Hg)	-	-	-
Timbal (Pb)	-	0,0142	-
Timah (Sn)	0,0236	0,0329	0,0108
Besi (Fe)	10,0202	9,1555	8,1070
Tembaga (Cu)	0,0217	0,2464	0,0407
Seng (Zn)	0,2529	0,2894	-

Tabel 4. Data Hasil Kandungan Lemak

Kode Sampel	A	B	C
Bobot Sampel (%)	1066,8	1098,4	1055,4
Lemak Jenuh (%)	30,2	34,43	68,26
Lemak Tak Jenuh Tunggal (%)	34,42	43,18	75,65
Lemak Tak Jenuh Ganda (%)	11,65	14,94	23,93

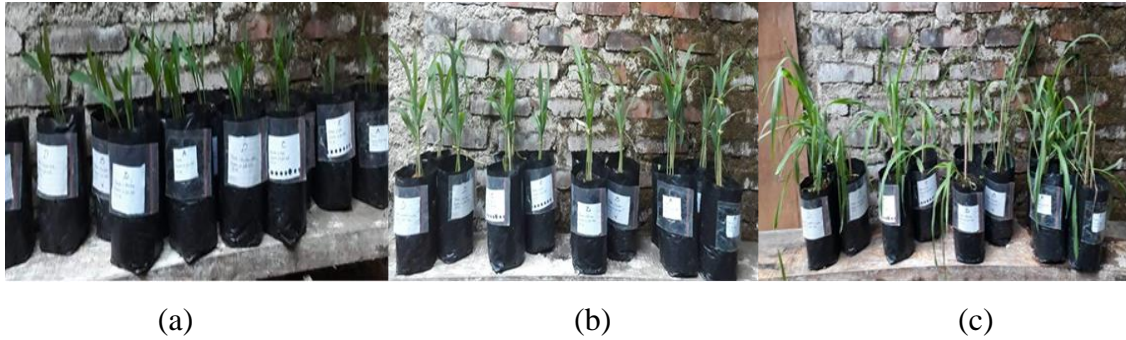
Sampel A: Jelantah.

Sampel B: Setelah pemrosesan dengan NaOH.

Sampel C: Setelah penyaringan dengan Carbon aktif.

Pada pemrosesan diatas, Carbon aktif ini efektif menyerap Sn, dan Zn. Tetapi Carbon aktif ini belum cukup untuk menyerap As, Sn, Fe dan Cu. Pemrosesan ini tidak efektif untuk menyerap Fe dan Cu. Oleh karena itu, perlu ditinjau lagi untuk melakukan optimasi proses daur ulang dengan NaOH dan Carbon aktif. Sedangkan pada minyak goreng komersial seperti Tropicana, kandungan logam-logam diatas tidak terdeteksi.

**Gambar 3. Hasil Pyrolisa Dahan dan Ranting**



Gambar 4. Pengujian Bio Char untuk Tanaman pada Minggu 1 (a), Minggu ke 2 (b), dan Minggu Ke 3 (c)

KESIMPULAN

Pemanfaatan “sampah” pada penelitian ini melalui proses pyrolisa sehingga menghasilkan bio char dengan mengkondisikan tidak ada O_2 dalam reactor pyrolisa. Bio char cukup efektif untuk proses penyuburan tanah tetapi mempunyai fungsi yang berbeda dengan pupuk, seperti NPK. Adapun penerapan bio char untuk pangan, seperti daur ulang jelantah yang diperlukan adalah carbon aktif. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan aktivasi bio char untuk dijadikan carbon aktif menggunakan asam fosfat. Daur ulang jelantah menjadi minyak goreng yang bisa digunakan dirasakan masih belum mampu untuk menghilangkan semua logam dalam jelantah. Perubahan minyak goreng dari kekentalan dan warna sudah cukup baik.

DAFTAR PUSTAKA

Dewan Energi Nasional, (2015), Rancangan Rencana Umum Energi Nasional R-RUEN, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, Indonesia.

<http://www.esdm.go.id/berita/energi-baru-dan-terbarukan/323-energi-baru-dan-terbarukan/8647-tingkatkan-rasio-elektifikasi-sumatera-selatan-dengan-ebtke.html>.

<http://www.antarariau.com/berita/71818/-ratio-elektifikasi-riau-73-persen-4-daerah-belum-interkoneksi-sumatera>

Mohan, D., dkk, (2006), Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-Oil: A Critical Review. *Energy and Fuels*, 20, 848-889.

PTPSE, Outlook Energi Indonesia tahun 2014, BPPT.

Rowe, RL; Street, NR; Taylor, G (2009). Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **13** (1): 271–290. doi:10.1016/j.rser.2007.07.008.

Soil & Water Benefits of Biochar.” *US Biochar Initiative*. Web. Nov. 2016.