

Karakteristik *Biochar* Hasil Pirolisis Ampas Tebu (*Sacharum Officanarum*, Linn) Dan Aplikasinya Pada Tanaman Seledri (*Apium Graveolens* L)

Diena Asyifa*, Abdul Gani, Ratu Fazlia Inda Rahmayani

Jurusan Pendidikan Kimia FKIP Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

*Corresponding Author: dienaasyifa23@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan penelitian tentang mengolah ampas tebu (*Sacharum officinarum*, Linn) menjadi *biochar* melalui proses pirolisis dan aplikasinya pada tanaman seledri (*Apium graveolens* L.). Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik *biochar* hasil pirolisis ampas tebu serta aplikasinya pada tanaman seledri. Jenis penelitian eksperimen menggunakan pendekatan kuantitatif. Data penelitian bersumber dari sampel ampas tebu yang diperoleh dari pedagang air tebu di sekitar jalan Rukoh. Penelitian dilakukan dengan mengolah ampas tebu menjadi *biochar* dengan proses pirolisis dan dilanjutkan dengan mengkarakterisasi *biochar* seperti rendemen, kadar air, kadar abu, kadar C/N, nilai pH serta aplikasinya terhadap tanaman seledri. Hasil yang didapatkan yaitu: (1) Rendemen *biochar* yang dihasilkan dari ampas tebu pada proses pirolisis sebesar 18,34%, (2) Hasil kadar air *biochar* sebesar 10,2%, (3) Kadar abu yang dihasilkan dari *biochar* sebesar 1 gram sebesar 68%, (4) Kadar C pada *biochar* sebesar 55,66% dan kadar N sebesar 0,40% sedangkan kadar C/N rasio yaitu 139.15, (5) Nilai pH pada *biochar* ampas tebu yaitu 5,196 dan (6) Hasil analisis sidik ragam dari aplikasi *biochar* yang telah dilakukan pada tanaman seledri yaitu menunjukkan tidak nyata. Dengan demikian disimpulkan bahwa karakteristik *biochar* yang didapatkan lebih tinggi dari Standar Nasional Indonesia

Kata Kunci: *biochar*, pirolisis, ampas tebu, seledri

Abstract. A study which is concerned on cultivating of sugar cane pulp (*Sacharum officinarum*, Linn) to be *biochar* has been conducted through pyrolysis and its application on crops of celery (*Apium graveolens* L.). The study aimed to indicate the characteristic of that *biochar* and its application on crops of celery. The study used quantitative approach. Samples were collected from sugar cane pulp obtained from sugar traders around Rukoh. Data were collected by cultivating of sugar cane pulp to be *biochar* through pyrolysis, then the *biochar* was characterized as yield, moisture content, content of ash, content of C/N, pH and its application on crops of celery. The result of study were shown in a percentage of: (1) yield is 18.34%, (2) moisture content is 10.2%, (3) ash content for 1 gram is 68%, (4) C of *biochar* is 55.66% and content of N is 0.40%, thus the ratio of C/N is 139.15, (5) pH of *biochar* is 5.196 and (6) An analyzing of variety fingerprints by its application is not real. The refore the characterictics of the *biochar* is higher than national standard of Indonesia.

Keywords: *biochar*, pyrolysis, sugar cane pulp, celery

PENDAHULUAN

Biochar yaitu arang hayati, istilah ini didapatkan dari hasil perhatian terhadap karbon hitam yang didapat dari biomassa (dengan pembakaran bahan organik secara tak sempurna) melalui studi tentang tanah yang ditemui di Lembah Amazon, disebut *terra preta*. Tanah hitam Amazon merupakan tanah yang sudah tua antara 500 dan 2.500 tahun yang lalu. Tanah ini dapat mempertahankan kandungan karbon organik dan memiliki tingkat kesuburan yang tinggi (Gani, 2009). *Biochar* merupakan istilah baru yang digunakan untuk menggambarkan arang (arang yang berserbuk halus) berpori terbuat dari berbagai biomassa. *Biochar* diolah dengan proses pirolisis. Proses ini dilakukan dengan memaparkan biomasa pada temperatur tinggi tanpa adanya oksigen (Rostaliana, 2012). Ketertarikan terhadap *biochar* sebagai pembenah tanah akhir-akhir ini berkembang pesat. Pirolisis lambat untuk produksi *biochar* mempunyai manfaat ganda yang meliputi pengelolaan limbah, produksi energi yang dapat diperbaharui, mitigasi perubahan iklim dan adaptasi, serta produktivitas pertanian (Chan dkk., 2007).

Pirolisis merupakan proses pengarangan dengan cara pembakaran tidak sempurna yang mengandung karbon pada suhu tinggi. Kebanyakan proses pirolisis menggunakan reaktor tertutup yang terbuat dari baja, sehingga bahan tidak terjadi kontak langsung dengan oksigen. Proses ini berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam (Demirbas, 2005). *Biochar* jauh lebih efektif dalam mempertahankan unsur hara dan ketersediaannya bagi tanaman dibanding bahan organik lain seperti kompos atau pupuk kandang. Hal ini juga berlaku bagi unsur hara P yang tidak diretensi oleh bahan organik biasa. *Biochar* lebih dapat bertahan dalam tanah dibanding bahan

organik lain (Lehmann, 2007). Sehingga fungsi kerja biochar, seperti menyerap dan mengikat air, menyuplai unsur kalsium dan magnesium ke tumbuhan. Lebih lanjut Nugraheni dkk. (2013) menambahkan *biochar* dapat meningkatkan kesuburan tanah dan menyediakan habitat yang baik bagi mikroba tanah bahkan mampu menahan air dan nutrisi sehingga lebih tersedia bagi tanaman.

Menurut Ferizal dkk. (2011) penambahan *biochar* sebagai pembenah tanah yang berasal dari hasil pembakaran limbah pertanian dengan oksigen terbatas, ternyata memiliki kemampuan yang baik sebagai bahan perubahan dalam tanah, karena C organik masih bertahan di dalam karbon hitam. Arang hayati yang terbentuk dari pembakaran ini akan menghasilkan karbon aktif, yang mengandung mineral seperti kalsium (Ca) atau magnesium (Mg) dan karbon anorganik, *biochar* banyak digunakan sebagai bahan amelioran untuk meningkatkan kualitas tanah, khususnya tanah marginal (Rondon dkk., 2007). Sehingga *biochar* dapat menjadi pengganti media tanam pada tanaman, dan pembuatan *biochar* menggunakan limbah ampas tebu.

Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dasar *biochar* yang meliputi kadar abu, kadar karbon, kadar air dan nilai pH. Menurut Latuponu dkk. (2011), sifat kimia pada *biochar* yang sesuai sebagai zat yang dapat meningkatkan produktivitas tanah. Hal ini ditunjukkan oleh karakteristik *biochar* antara lain kadar abu, kadar air, mudah menguap dan luas permukaan.

Ampas tebu mengandung ligno-selulosa. Memiliki panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro. *Bagasse* mengandung air 48-52% dan serat *bagasse* tidak dapat larut dalam air dan sebagian serat terdiri atas selulosa, pentosan dan lignin (Witono, 2005). Pemanfaatan ampas tebu menjadi arang mempunyai prospek yang bagus dan ekonomis untuk dikembangkan. Arang ampas tebu yang dibuat melalui tahap pirolisis (proses karbonisasi) pada suhu tertentu (Mukhlieshin, 1997). Lebih lanjut Kartika dkk. (2013) menambahkan ampas tebu mengandung residu berupa serat, minimal 50% seratnya diperlukan sebagai bahan bakar, sedangkan 50% sisanya hanya sebagai buangan yang tidak ternilai. Komposisi ampas tebu terdiri dari 50% selulosa, 25% hemiselulosa, 25% lignin

Seledri dapat dibudidayakan di dataran rendah maupun di dataran tinggi (pegunungan), terutama di daerah yang berhawa sejuk (dingin) dan lembap. Waktu tanam yang baik ialah pada awal musim hujan atau akhir musim hujan (Sunarjono, 2004). Namun, budidaya seledri dapat dilakukan sepanjang waktu, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada beberapa Laboratorium seperti, Laboratorium Kimia FKIP untuk menghitung pH *biochar* sedangkan Laboratorium Biologi FKIP untuk menghitung kadar air *biochar*. Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian untuk mempirolisis ampas tebu dan menghitung kadar abu *biochar* serta Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Aceh untuk menghitung kadar C/N rasio dari *biochar*. Pengaplikasian *biochar* pada tanaman seledri dilakukan di Perkebunan Sayuran Limpok, Aceh Besar. Pelaksanaan penelitian ini dimulai dari bulan September sampai Desember 2016.

Sampel ampas tebu sebanyak 3000 gram yang telah didapatkan lalu diproses pembersihan dan pengeringan setelah itu ampas tebu tersisa sebanyak 2300 gram, dilanjutkan dengan proses pirolisis. Ampas tebu yang sudah ditimbang sebanyak 2300 gram, lalu dimasukkan ke dalam tabung pirolisator. Suhu pirolisis diatur dengan alat *Thermolyte* 300°C dan dilakukan pemanasan selama 5 jam. Setelah dihasilkan *biochar*, lalu diuji karakteristiknya seperti menghitung rendemen, kadar air, kadar abu, kadar C/N Rasio, dan nilai pH. Rendemen *biochar* dapat ditentukan dengan membandingkan berat *biochar* yang dihasilkan dengan berat bahan baku, sedangkan kadar air pada *biochar* ditentukan dengan melakukan pengeringan sampel dalam oven pada suhu 105-110°C selama 3 jam. Kemudian kadar abu pada *biochar* ditentukan dengan melakukan proses pirolisis selama 5 jam, dengan menggunakan sampel 1 gram *biochar* pada suhu 600°C. Kadar C/N dianalisis dengan metode pengabuan pada suhu 300°C dan dilanjutkan pada suhu 550-600°C selama 2,5 jam untuk memperoleh kadar C, sedangkan kadar N diperoleh dengan metode destilasi dan dilanjutkan dengan metode titrasi. Penghitungan nilai pH menggunakan alat pHmeter yang sampel *biochar* dilarutkan dalam akuades, setelah itu elektroda dimasukkan kedalam sampel *biochar*. Setelah didapatkan nilai pH maka diulang hingga 3x dan dihitung nilai rata-rata pHnya.

Pada aplikasi *biochar* ini metode yang digunakan yaitu metode rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial. Terdapat dua faktor yang diteliti yaitu tinggi batang dan jumlah daun. Setiap perlakuan divariasikan dalam 3 ulangan/*polybag* dan diobservasi selama 4 hari sekali sehingga dilakukan pengamatan selama 1 bulan masa tanam. Persentase *biochar* divariasikan yaitu dalam Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Variasi *Biochar*

Variasi	Massa <i>Biochar</i> (gram)	Massa Tanah (gram)	Pupuk Kompos (gram)
B0	50	0	5
B1	40	10	5
B2	25	25	5
B3	10	40	5
B4	0	50	5

Keterangan:

B0: 100% *biochar*

B1: 75% *biochar*

B2: 50% *biochar*

B3: 25% *biochar*

B4: 0% *biochar*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil penelitian sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu ampas tebu yang diperoleh sebanyak 3000 gram dari pedagang air tebu yang ada di sekitar jalan Rukoh, Banda Aceh. Ampas tebu yang diperoleh merupakan ampas tebu yang masih dalam keadaan basah. Setelah dibersihkan dari kotoran kemudian ampas tebu dipotong-potong menjadi beberapa bagian. Ampas tebu yang sudah dipotong kemudian dikeringanginkan selama 1 hari dan tidak langsung terkena paparan sinar matahari. Hal ini dilakukan agar kadar air dari ampas tebu berkurang, karena kandungan air dari ampas tebu banyak dapat mencapai 70-90%, dan tidak diperbolehkan untuk terkena sinar matahari langsung agar struktur komponen pada ampas tebu tidak hilang. Setelah mengalami proses pembersihan dan pengeringan ampas tebu menjadi berkurang dan tersisa sebanyak 2300 gram.

Pada proses pirolisis, ampas tebu yang telah dipotong dimasukkan kedalam beberapa cawan porselen untuk dimasukkan kedalam tabung pirolisator dan dihasilkan *biochar* ampas tebu dari proses pirolisis ini sebanyak 422 gram. Fachrizal dalam Cahyono (2013) menyatakan bahwa dalam proses pirolisis, komposisi produk akhir sangat bergantung pada komposisi bahan dan kondisi proses pirolisis.

Rendemen *biochar* yang dihasilkan dari ampas tebu pada proses pirolisis yaitu sebesar 18,34%. Endriani dkk. (2013) menyatakan bahwa rendemen produk pirolisis yang diperoleh ditetapkan berdasarkan metode *Agricultural Chemists International* dengan menghitung bobot sampel sesuai dengan bobot kering dan kadar airnya. Oleh sebab itu, rendemen yang dihasilkan oleh *biochar* ampas tebu tidak banyak, tapi memiliki lignoselulosa. Lebih lanjut Sudjana (2014) menyatakan bahwa peningkatan limbah pertanian yang sebagian besar merupakan limbah berlignoselulosa sumber serat sisa tanaman seperti jerami padi, dan sekam batang jagung, katun, sorgum, maupun ampas tebu. Lignoselulosa merupakan komponen struktur yang banyak ditemukan pada tanaman berkayu, yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan juga lignin.

Setelah didapatkan rendemen maka uji karakteristik selanjutnya yang didapatkankadar air yang terkandung pada *biochar* yaitu sebesar 10,2%. Besar dan kecilnya kadar air juga mempengaruhi kemampuan *biochar* untuk menahan air. *Biochar* memiliki kemampuan untuk menahan air, sehingga dapat menjaga kelembapan tanah. Marumoto dalam Endriani dkk. (2013) menyatakan bahwa *biochar* mempunyai kemampuan meretensi air yang cukup tinggi, kapasitas menahan air yang cukup tinggi memungkinkan terjaganya kelembapan tanah sehingga menciptakan daya dukung lingkungan.

Proses memperoleh kadar abu sama seperti proses pirolisis ampas tebu menjadi *biochar*, hanya saja yang membedakan waktu dan suhunya. Menurut Prayogo dkk. (2012) pada suhu 700°C produk yang paling dominan dihasilkan yaitu cairan/*bio oil* dan pada suhu (>800°C) akan menghasilkan produksi gas. Suhu yang digunakan dalam menentukan kadar abu yaitu sebesar 600°C, sehingga akan menghasilkan abu yang berjumlah banyak. Lebih lanjut, Iskandar (2012) menyatakan bahwa abu yaitu bahan yang tersisa apabila biomassa dipanaskan hingga berat konstan dan salah satu unsur yang terkandung didalam abu yaitu silika. Kadar abu yang dihasilkan dari 1 gram *biochar* yaitu sebanyak 0,6816 gram (68%). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Maftuah dan Nursyamsi (2015) diketahui bahwa *biochar* dari pupuk organik dan limbah biasanya memiliki kandungan abu yang sangat tinggi. Sebagian besar kandungan mineral dalam bahan baku tersebut masih ada dalam *biochar* dan sebagian kandungan yang lain hilang (C, H, dan O) selama pirolisis.

Kadar C/N merupakan kadar karbon organik dan nitrogen pada *biochar* yang termasuk pada pembenah tanah. Menurut Dariah dkk. (2015) jika pembenah tanah digunakan pada areal yang dimanfaatkan untuk budidaya tanaman sebaiknya faktor C/N rasio tetap diperhatikan, sampai tahap yang tidak mengganggu pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Pengujian kadar C/N rasio *biochar* ini dilakukan dengan menggunakan alat furnace/tanur untuk menganalisis kadar C dan perangkat titrasi untuk menganalisis kadar N. Hasil yang didapatkan setelah pengujian yaitu kadar C pada *biochar* sebesar 55,66%, sedangkan kadar N sebesar 0,40% dan kadar C/N rasio yaitu 139,15. Selanjutnya Sudjana (2014) menyatakan *biochar* merupakan senyawa organik yang memiliki kandungan karbon yang tinggi (40-60%) serta hasil proses pirolisis (karbonisasi) yang tahan terhadap pelapukan sehingga mampu berfungsi sebagai amelioran organik yang efektif untuk memperbaiki kesuburan tanah dan mampu bertahan hingga ratusan tahun di dalam tanah.

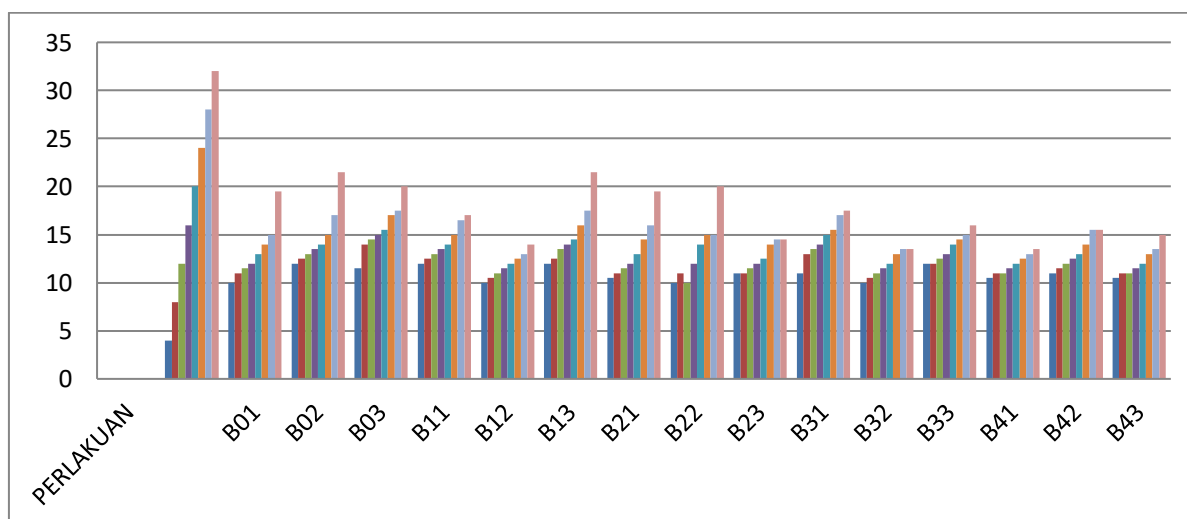
Nilai pH pada *biochar* ampas tebu yaitu setelah melakukan pengulangan 3 kali yaitu 5,3 ; 5,09 ; dan 5,20 dan rata-rata dari pH ini yaitu 5,196. Jika dilihat dari hasil pengujian maka pH *biochar* ampas tebu bersifat asam karena $pH < 7$. Tambunan dkk. (2014) menambahkan bahwa nilai pH arang sangat bergantung pada temperatur pirolisis dan umur bahan bakunya. Apabila arang sudah mengalami pelapukan dan terpapar selama dan sesudah proses pirolisis maka nilai pH arang akan berkisar 5-8. Dengan begitu, nilai pH *biochar* yang didapatkan sesuai dengan hasil sebelumnya dan bersifat asam.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Kandungan Kimia *Biochar*

Kandungan kimia <i>biochar</i>	<i>Biochar</i> suhu pirolisis 200-400°C (SNI)	Hasil <i>biochar</i> ampas tebu suhu pirolisis 300°C
Kadar Abu (%) *	15,2-16,8 s	68
Kadar Air (%) *	2,3-2,4 r	10,2
Nilai pH **	8,0-9,8 t	5,196
Karbon (%) **	48,0-45,2 s	55,66

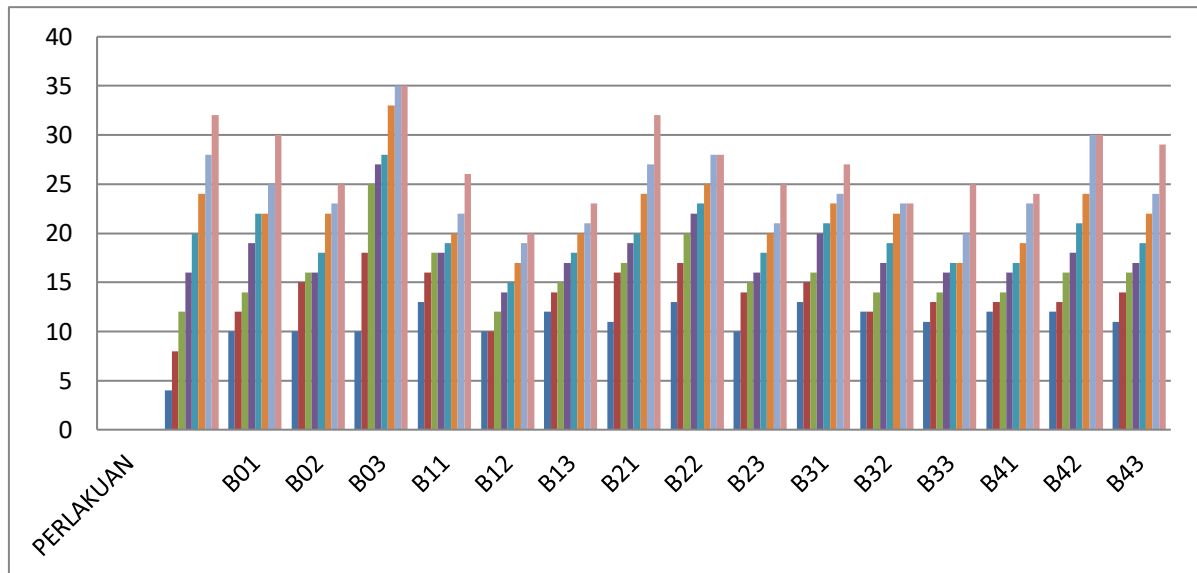
Keterangan : r = rendah, s = sedang, t = tinggi *(Hartoyo, dkk 1978 ; Standar Nasional Indonesia, 1995), ** Lehman (2007)

Berdasarkan data dari Tabel 2 bahwa nilai pH *biochar* yang didapatkan lebih rendah dari Standar Nasional Indonesia sifat kimia *biochar*nya, sehingga salah satu faktor yang menyebabkan hal ini terjadi yaitu dikarenakan kurangnya ketelitian saat menguji, sedangkan karakteristik *biochar* yang lain lebih tinggi dari Standar Nasional Indonesia. Pada aplikasi *biochar* ini digunakan metode rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial. Menurut Hanafiah (2008), rancangan acak kelompok merupakan rancangan untuk percobaan lapangan (*field-experiment*) yang paling sederhana. Di lapangan umumnya yang sulit untuk mendapatkan kondisi yang benar-benar homogen, sehingga jika percobaan dilakukan menurut RAL dapat dipastikan akan diperoleh galat yang besar. Adapun hasil tinggi tanaman seledri selama 32HST dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Tanaman Seledri

Berdasarkan data dari Gambar 1 menunjukkan bahwa tinggi tanaman seledri mengalami kenaikan yang signifikan yaitu pada perlakuan B02 dan juga B13. Pada B02 merupakan perlakuan dengan menggunakan 100% *biochar* dan B13 merupakan perlakuan dengan 75% *biochar* dan penambahan 25% tanah. Rata-rata ketinggian yang dihasilkan yaitu mencapai 25cm. Adapun hasil penentuan jumlah daun tanaman seledri selama 32HST dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Jumlah Daun Tanaman Seledri

Berdasarkan data dari Gambar 2 menunjukkan bahwa jumlah daun tanaman seledri mengalami kenaikan yang signifikan yaitu pada perlakuan B03 dan juga B21. Pada B03 merupakan perlakuan dengan menggunakan 100% *biochar* dan B21 merupakan perlakuan dengan 50% *biochar* dan penambahan 50% tanah. Rata-rata jumlah daun yang dihasilkan yaitu sebanyak 35 helai daun. Hasil analisis sidik ragam dari aplikasi *biochar* yang telah dilakukan pada tanaman seledri yaitu menunjukkan tidak nyata atau *biochar* tidak berpengaruh terhadap tanaman seledri. Tanaman ini tumbuh dengan tinggi dan jumlah daun yang rata-ratanya tidak jauh signifikan hanya saja mengalami peningkatan. Tinggi dan jumlah daun tanaman seledri ditanam hingga 32 Hari Setelah Tanam. Hal yang menyebabkan *biochar* tidak berpengaruh pada tanaman seledri dikarenakan oleh beberapa faktor, seperti cuaca yang tidak menentu serta curah hujan yang tinggi dalam beberapa hari pengamatan, sedangkan tanaman seledri kurang tahan terhadap faktor tersebut. Secara keseluruhan, aplikasi *biochar* menghasilkan rata-rata yang signifikan pada tanaman seledri. Hal ini ditunjukkan pada perlakuan 100% (B0) dan 75% (B1) penambahan *biochar*, perlakuan ini terjadi pada penambahan tinggi tanaman seledri sedangkan jumlah daun tanaman seledri terjadi pada perlakuan 100% (B0) dan 50% (B2) penambahan *biochar*. Oleh sebab itu, *biochar* yang bersifat sebagai pengganti media tanam dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tanaman seledri daripada tanah yang menjadi media tanamnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rendemen *biochar* yang dihasilkan dari ampas tebu pada proses pirolisis sebesar 18,34%, dengan kadar air 10,2%, kadar abu 68%, kadar karbon 55,66%, kadar nitrogen 0,4%, dan kadar C/N rasio sebesar 139,15. Adalun rata-rata nilai pH *biochar* adalah 5,20. Secara keseluruhan karakteristik *biochar* ampas tebu yang didapatkan hasilnya lebih tinggi dari Standar Nasional Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya kepada para laboran-laboran yang terkait seperti pada laboratorium Kimia dan Biologi FKIP, laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Unsyiah, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Aceh yang telah membantu dan membimbing saya selama penelitian ini berlangsung sampai dengan selesai, dan kepada keluarga serta teman-teman yang telah memberikan doa serta dukungan kepada saya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, M.S., 2013. Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal sains dan Teknologi Lingkungan*, 5(2):67-76.
- Chan, K.Y.L., Van Zwieten. I., Meszaros, A., Downie, & Joseph. 2007. Agronomic Values of Greenwaste Biochar As A Soil Amandement. *Australian of Soil*, 45(8):629-634.
- Dariah, A., Supono, S., Nurida, N.L., Hartatik, W., & Pratiwi, E. 2015. Pembenh Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2):67-84.
- Demirbas, A. 2005. Pyrolysis Of Ground Wood In Irregular Heating Rate Conditions. *Journal Analytical and Applied Pyrolysis*, 72:243-248.
- Endriani, Sunarti, & Ajidirman. 2013. Pemanfaatan Biochar Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Soil Amandement Ultisol Sungai Bahar-Jambi. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains*, 15(1):39-46.
- Ferizal, M., & Basri, A.B., 2011. Arang Hayati (Biochar) Sebagai Pembenh Tanah. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Aceh*.
- Gani, A., 2009. Arang Hayati Biochar Sebagai Komponen Perbaikan Produktivitas Lahan. *Iptek Tanaman Pangan*, 4(1):33-48.
- Hanafiah, K.A. 2008. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi Edisi Ketiga*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Iskandar, T. 2012. Identifikasi Nilai Kalor Biochar dari Tongkol Jagung dan Sekam Padi pada Proses Pirolisis. *Jurnal Teknik Kimia*, 7(1):32-35.
- Kartika, A.A., Mariana. S.H., Widjaja. A, & Mulyanto. 2013. Penggunaan Pretreatment Basa Pada Proses Degradai Enzimatik Ampas Tebu Untuk Produksi Etanol. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1):1-6.
- Latuponu. H., Dj. Shiddieq, A., Syukur, E., & Hanudin. 2011. Pengaruh Biochar dari Limbah Sagu Terhadap Pelindian Nitrogen di Lahan Kering Masam. *Agronomika*, 11(2):144-155.
- Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. *Nature*, 447(7141):143-144.
- Maftuah, E., & Nursyamsyi, D., 2015. Potensi Berbagai bahan Organik Rawa Sebagai Sumber Biochar. *Jurnal Biodiv*, 1(4):776-781.
- Mukhlieshin. 1997. Pembuatan Arang dari Ampas Tebu Secara Pirolisis. *Laporan Penelitian*. Aceh : Universitas Syiah Kuala Darussalam Aceh.
- Nugraheni, S.R., Prasetya, A., & Sihana. 2013. Processing Biochar from Solid Waste of Arenga Pinnata Flour Industry. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(1):31-36.
- Prayogo, C., Lestari, N.D., & Wicaksono, K.S., 2012. Karakteristik dan Kualitas Biochar dari Pyrolysis Biomassa Tanaman Bioenergi Willow (*Salix SP*). *Jurnal Buana Sains*, 12(2):9-18.
- Rondon, M. J., Renner, R. Lehmann, J. Ramirez, & M. Hurtado. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions. *Biology and Fertility in Soils*, 63(6):699-708.
- Rostaliana, P. 2012. Pemanfaatan Biochar Untuk Perbaikan Kualitas Tanah Dengan Indikator Tanaman Jagung Hibrida dan Padi Gogo pada Sistem Lahan Terang dan Bakar. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(3):179-188.
- Sudjana, B. 2014. Pengaruh Biochar dan NPK Majemuk Terhadap Biomas dan Serapan Nitrogen di Daun Tanaman Jagung (*Zea mays*) pada Tanah Typic Dystrodepts. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 3(1):63-66.
- Sunarjono, H. 2004. *Bertanam 30 Jenis Sayur*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Tambunan, S., Siswanto, B., & Handayanto, E. 2014. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan Biochar Terhadap Ketersediaan P dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(1):85-92.
- Witono, J.A. 2005. Produksi Furfural dan Turunannya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia (<http://chem-is-try.org/>. diakses tanggal 9 Desember).