



**PENGARUH APLIKASI BIOCHAR DAN TINGKAT CEKAMAN AIR
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI
PAKCOY (*BRASSICA RAPA L.*) PADA TANAH PASIRAN**

SKRIPSI

Oleh:

**SEMA ARGATA
131510501148**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PENGARUH APLIKASI BIOCHAR DAN TINGKAT CEKAMAN AIR
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI
PAKCOY (*BRASSICA RAPA* L.) PADA TANAH PASIRAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh

**SEMA ARGATA TAMA
NIM 131510501148**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Karya Ilmiah ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Umi Maslikah dan Ayahanda Rahmanu Eko Handriono atas segala usaha dan semangat serta doa yang tidak ada henti-hentinya demi kesuksesanku.
2. Seluruh keluarga yang telah membantu dan memberikan dukungan moril maupun materi kepada saya.
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak hingga dosen-dosenku di perguruan tinggi yang telah menuntun, membimbing dan memberi ilmu dengan penuh ketelitian dan kesabaran.
4. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Segala sesuatu yang bisa kau bayangkan adalah nyata”

(Pablo Picasso)

“Jangan pergi mengikuti kemana jalan akan berujung. Buatlah jalanmu sendiri dan tinggalkan jejak”

(Ralph Waldo Emerson)

“Hidup ini seperti sepeda. Agar tetap seimbang, kau harus terus bergerak”

(Albert Einstein)

“Setiap kau melakukan kesalahan, lakukan dua kali hal tersebut. Jangan lebih”

(Sema Arga Tama)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sema Arga Tama

NIM : 131510501148

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “**Pengaruh Aplikasi Biochar dan Tingkat Cekaman Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Pada Tanah Pasiran**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 April 2018
yang menyatakan.

Sema Arga Tama
NIM. 131510501148

SKRIPSI

**PENGARUH APLIKASI BIOCHAR DAN TINGKAT CEKAMAN AIR
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI
PAKCOY (*BRASSICA RAPA L.*) PADA TANAH PASIRAN**

Oleh :

SEMA ARGATA
NIM 131510501148

Pembimbing :

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Josi Ali Arifandi, MS
NIP. 195511131983031001

Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Cahyadi Bowo
NIP. 196103161989021001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Pengaruh Aplikasi Biochar dan Tingkat Cekaman Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Pada Tanah Pasiran**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Senin
Tanggal : 30 April 2018
Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Josi Ali Arifandi, MS
NIP. 195511131983031001

Dosen Penguji 1,

Ir. Herru Djatmiko MS
NIP. 195304211983031003

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Cahyadi Bowo
NIP. 196103161989021001

Dosen Penguji II,

Ir. Joko Sudibya, M. Si
NIP. 196007011987021001

Mengesahkan
Dekan,

Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph.D
NIP. 196005061987021001

RINGKASAN

Pengaruh Aplikasi Biochar dan Tingkat Cekaman Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Pada Tanah Pasiran; Sema Arga Tama; 131510501148; 2018; 67 halaman; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Tanah pasiran merupakan lahan marjinal yang berpotensi sebagai lahan pertanian. Tanah pasiran didominasi oleh pori makro dan kandungan bahan organik rendah, sehingga kemampuan menyimpan airnya rendah. Kapasitas menahan air rendah menyebabkan proses pencucian (*leaching*) terhadap unsur hara dan membutuhkan banyak input air untuk dapat meningkatkan kesuburan tanah. Aplikasi biochar merupakan salah satu cara untuk mengelola tanah pasiran. Biochar merupakan bentuk karbon stabil dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*). Bahan-bahan untuk pembuatan biochar banyak dan mudah didapatkan, yakni dari limbah pertanian maupun perkebunan seperti limbah kulit kopi, limbah baggase tebu dan biji karet.

Tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa L.*) merupakan salah satu komoditas sayuran yang memiliki nilai komersial dan prospek yang tinggi. Pertumbuhan tanaman sawi sangat ditentukan oleh media tanamnya. Media tanam yang sesuai yaitu media tanam dengan tekstur ringan yang mudah diolah dan membutuhkan air yang cukup sehingga perakaran dapat berkembang. Aplikasi biochar pada tanah pasiran pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi pembenah tanah, terutama terhadap sifat fisika tanah yang meliputi berat volume, berat jenis partikel, dan porositas sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan menghasilkan tanaman sawi pakcoy yang berkualitas.

Penelitian dilakukan pada bulan September 2017 sampai Maret 2018, di laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah, laboratorium kesuburan tanah dan penanaman sawi paksoy (*Brassica rapa L.*) di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Jember. Rancangan penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama yakni jenis bahan baku biochar yang terdiri dari tanpa biochar (B1), limbah kulit

kopi (B2), limbah baggase tebu (B3) dan biji karet (B4). Faktor kedua yakni tingkat cekaman air yang terdiri dari 50% kapasitas lapangan (C1); 60% kapasitas lapangan (C2); dan 70% kapasitas lapangan (C3). Masing-masing kombinasi perlakuan tersebut dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Selanjutnya dilakukan uji lanjut menggunakan Uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada data yang diperoleh untuk mengetahui pengaruh setiap perlakuan terhadap berbagai variabel yang diamati.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara jenis biochar dengan tingkat cekaman air yang berbeda memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat volume tanah (BV), lebar daun dan panjang akar tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.). Setiap jenis biochar dan dosis biochar masing-masing memberikan pengaruh yang berbeda terhadap perbaikan sifat fisik tanah pasiran, yaitu menurunkan nilai berat jenis partikel tanah (BJP) dan menurunkan nilai berat volume (BV). Kombinasi perlakuan yang terbaik untuk pertumbuhan tanaman sawi pakcoy adalah pada jenis biochar baggase tebu dengan tingkat cekaman air 70% kapasitas lapangan.

SUMMARY

The Effect of Biochar Application and Level of Water Stress Against to Growth and Production of Pak Choi (*Brassica rapa* L.) in Sandy Soils; Sema Arga Tama; 131510501148; 2018; 67 pages; Agrotechnology Department; Agriculture Faculty of Jember University.

Sandy soils is a marginal land of potential agricultural land. The soil is dominated by macro pores and has a low organic material content, so this soil has a low ability to store water. The low water holding capacity causes the leaching process of nutrients and require plenty of water input to improve soil fertility. Biochar application is one way to manage the land of the sand. Biochar is a stable form of carbon produced from incomplete combustion process (pyrolysis). Materials for making biochar are many and easy to obtain from waste of agricultural activities such as coffee pulp, sugarcane post-harvest waste (bagasse), and rubber seeds.

Pak Choi (*Brassica rapa* L.) is one of vegetable commodities that had high commercial value and prospect. Indonesia has high potential to develop and produce vegetables that beneficial for human growth and development. The growth of Pak Choi was very determined by its planting media. The suitable planting media of it were light texture that easily to process and requires sufficient water for development of root system. Biochar application in sand soils on this research was expected to be soil enhancer especially in soil physics which covered volume weight, particle density, and porosity so it can support the growth and produce qualified Pak Choi.

This research was conducted on September 2017 – March 2018 in Physics Laboratory and Soil Conservation, Soil fertility laboratory and Green House of Agriculture Faculty, University of Jember as plantation of Pak Choi (*Brassica rapa* L.). The model of this experiment using Randomized Complete Block (CRB) replicated 3 times. The treatments were factorial using 2 factors. First factor was the raw material of biochar which consist without biochar (B1), coffee-pulp waste (B2), sugarcane post-harvest waste (bagasse) (B3), and rubber seeds

(B4), for the second factor was level of water stress which consist from 50% field capacity (C1), 60% filed capacity (C2), and 70% field capacity (C3). The post-hoc was using Duncan *Multiple Range Test* (DMRT) on the obtained data to know the effect from each treatment against to variables that observed.

The result showed that interaction between type of biochar with level of different water stress gave significant different on soil volume weight, leaf width and root length of Pak Choi (*Brassica rapa* L.). Each types and dosages of biochar gave different effect in soil physics improvement of sand soil through decreasing the number of soil particle density and decreasing amount of weight volume. The best combination treatment on Pak Choi growth is in type of biochar that made of sugarcane post-harvest waste (bagasse) and water stress on 70% field capacity.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Aplikasi Biochar dan Tingkat Cekaman Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Pada Tanah Pasiran”** dengan baik.

Penyelesaian Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada :

1. Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph.D selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D, DIC., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Ir. Joko Sudibya, M.Si selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.
4. Dr. Ir. Josi Ali Arifandi, MS selaku Dosen Pembimbing Utama; Dr. Ir. Cahyoadi Bowo selaku Dosen Pembimbing Anggota; Ir. Herru Djatmiko, MS selaku Dosen Penguji Utama dan Ir. Joko Sudibya, M.Si selaku Dosen Penguji Anggota yang telah membimbing, meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
5. Ir. Herru Djatmiko, MS selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Orang tua ku Ibunda Umi Maslikah dan Ayahanda Rahmanu Eko Handriono serta adikku Moch. Raffi Dwi Saktya Rahman yang selalu memberikan doa, kasih sayang, semangat, motivasi dan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Rekan penelitian sekaligus sahabatku Irvan, Yoni, Najmi, Dani, Widya, Nisa, Farhan, Retno, Caesa, Ely, Indah, Ruth, Kiki, Habib, Satrio, Ucup, Masit, Lintang, Dina, Andy, Dian, Patya, Ari, Muslimah, Hilman, Alief, Wahyu, Wildan atas suka duka, bantuan, motivasi dan masukan ide-ide penulisan, serta kerjasamanya dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Teman-teman Agrosera, Botani Squads, IMAGRO, HIMAHITA, KKN 126, Magang Profesi di BPTP Jawa Timur, IMAKA, UKKM, Keluarga APR dan Agroteknologi 2013 yang telah menemani, memberikan semangat dan dukungan kepada saya.
9. Teknisi laboratorium yaitu Pak Cacuk, Pak Jimmy, Alm. Pak Koko, Pak Ilham dan Mas Samsul yang banyak membantu dan memberi masukan dalam penyelesaian penelitian saya.
10. Perempuan yang sangat berarti buat saya yaitu Clara Desintya Dhea yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi dan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini.
11. Teman satu kos Tegal Gede Sofyan dan Takin (Gembul) semoga sukses selalu serta segenap keluarga Pak Ro semoga selalu diberi kesehatan.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga karya ilmiah tertulis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca sekalian.

Jember, 30 April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
SKRIPSI.....	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Tanah Pasiran	6
2.2 Cekaman Air	6
2.3 Biochar	8
2.4 Limbah Tanaman Perkebunan.....	10
2.4.1 Limbah Kulit Kopi	10
2.4.2 Limbah Baggase Tebu.....	11
2.4.3 Biji Karet.....	12
2.5 Tanaman Sawi (<i>Brassica Rapa L.</i>)	13
2.6 Hipotesis.....	14

BAB 3. METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	15
3.2.1 Bahan Penelitian.....	15
3.2.2 Alat Penelitian.....	15
3.3 Pelaksanaan Riset.....	15
3.3.1 Rancangan Penelitian	15
3.3.2 Tahap Pembuatan Biochar	16
3.3.3 Tahap Karakteristik Tanah.....	17
3.3.4 Tahap Penanaman	17
3.3.5 Variabel Pengamatan	19
3.3.6 Analisi Data.....	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Analisis Pendahuluan	22
4.1.1 Karakteristik Tanah Awal	22
4.1.2 Karakteristik Biochar	23
4.2 Pengaruh Kombinasi Perlakuan Jenis Biochar dengan Tingkat Cekaman Air yang Berbeda terhadap Karakteristik Tanah Pasiran.....	25
4.2.1 Berat Jenis Partikel (Particle Density)	26
4.2.2 Berat Volume (Bulk Density)	27
4.2.3 Porositas Tanah	29
4.3 Pengaruh Kombinasi Perlakuan Jenis Biochar dengan ingkat Cekaman Air yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi	30
4.3.1 Tinggi Bibit Tanaman	31
4.3.2 Kualitas Daun (Jumlah Daun, Panjang Daun, Lebar Daun)	32
4.3.3 Panjang Akar.....	35
4.3.4 Berat Basah dan Berat Kering Bibit.....	36
4.4 Kebutuhan Air Tanaman	37
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	42

DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Kulit Kopi	10
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Baggase Tebu.....	11
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Biji Karet	12
Tabel 3.1 Desain Percobaan	16
Tabel 3.2 Metode Analisis Awal Tanah yang Digunakan	17
Tabel 3.3 Sidik Ragam Rancangan Acak Kelompok.....	20
Tabel 4.1 Karakteristik Tanah Awal	22
Tabel 4.2 Karakteristik Biochar	23
Tabel 4.3 Rangkuman F-hitung pengaruh perlakuan terhadap karakteristik tanah pasiran.....	25
Tabel 4.4 Interaksi jenis biochar dan tingkat cekaman air terhadap berat volume tanah	27
Tabel 4.5 Rangkuman F-hitung pengaruh perlakuan biochar terhadap Pertumbuhan dan hasil tanaman sawi.....	30
Tabel 4.6 Interaksi berbagai jenis biochar dengan tingkat cekaman air yang berbeda terhadap lebar daun tanaman sawi.....	34
Tabel 4.7 Interaksi berbagai jenis biochar dengan tingkat cekaman air yang berbeda terhadap panjang akar tanaman sawi	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Soil Water Content	7
Gambar 4.1 Biochar yang Digunakan.....	24
Gambar 4.2 Pengaruh Jenis Biochar Terhadap BJP.....	26
Gambar 4.3 Pengaruh Jenis Biochar Terhadap BV	28
Gambar 4.4 Pengaruh Jenis Biochar Terhadap Porositas	29
Gambar 4.5 Pengaruh Jenis Biochar Terhadap Tinggi Tanaman Sawi	31
Gambar 4.6 Pengaruh Perlakuan Tingkat Cekaman Air Terhadap Jumlah Daun Tanaman Sawi.....	33
Gambar 4.7 Pengaruh Perlakuan Jenis Biochar Terhadap Panjang Daun Sawi ...	33
Gambar 4.8 Pengaruh Jenis Biochar Terhadap Panjang Akar Tanaman Sawi	36
Gambar 4.9 Grafik Kombinasi Perlakuan Jenis Biochar Dan Tingkat Cekaman Air Terhadap Berat Basah Dan Berat Kering Tanaman Sawi.....	37
Gambar 4.10 Grafik Kombinasi Perlakuan Jenis Biochar Dan Tingkat Cekaman Air Terhadap Kebutuhan Air Tanaman Sawi	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah	48
Lampiran 2. Kriteria Standar Biochar	49
Lampiran 3. Dokumentasi Pembuatan Biochar	50
Lampiran 4. Dokumentasi Pelaksanaa Penelitian	51
Lampiran 5. Dokumentasi Analisis di Laboratorium.....	52
Lampiran 6. Dokumentasi Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy.....	53
Lampiran 7. Dokumentasi Pengukuran Panjang Akar Metode <i>Line Interception</i> 54	
Lampiran 8. Rangkuman F-Hitung Hasil Analisis Variabel Pengamatan	55
Lampiran 9. Hasil Analisis Berat Jenis Partikel (BJP)	56
Lampiran 10. Hasil Analisis Berat Volume (BV).....	57
Lampiran 11. Hasil Analisis Porositas Tanah	58
Lampiran 12. Hasil Analisis Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy	59
Lampiran 13. Hasil Analisis Jumlah Daun Sawi Pakcoy.....	60
Lampiran 14. Hasil Analisis Panjang Daun Sawi Pakcoy	61
Lampiran 15. Hasil Analisis Lebar Daun Sawi Pakcoy	62
Lampiran 16. Hasil Analisis Panjang Akar Sawi Pakcoy	63
Lampiran 17. Hasil Analisis Berat Basah Brangkasan Sawi Pakcoy.....	64
Lampiran 18. Hasil Analisis Berat Kering Brangkasan Sawi Pakcoy	65
Lampiran 19. Hasil Analisis Kebutuhan Air Tanaman.....	66
Lampiran 20. Deskripsi Benih Sawi Pakcoy.....	67

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia semakin meningkat dari waktu ke waktu dan program pembangunan di Indonesia cenderung mempersempit lahan pertanian produktif. Selain permasalahan konversi lahan pertanian dari lahan subur pertanian menjadi pemukiman, permasalahan lain adalah menurunnya kualitas dan kuantitas hasil pertanian saat ini antara lain disebabkan menurunnya kesuburan tanah dan alih fungsi lahan (Rachman, et al., 2005). Lemahnya pengetahuan masyarakat dalam budidaya tanaman juga berdampak pada menurunnya tingkat kesuburan tanah. Secara umum, yang menjadi perhatian dalam budidaya tanaman adalah cara pengolahan tanah. Pengolahan tanah yang dilakukan secara terus menerus secara intensif akan berakibat pada menurunnya tingkat kesuburan tanah. Penggunaan bahan kimia secara terus menerus juga berdampak tidak baik pada lingkungan, dimana akan meningkatkan residu dalam tanah.

Berdasarkan permasalahan diatas salah satu cara untuk mengatasi adanya kekurangan lahan akibat alih fungsi lahan adalah dengan cara pemanfaatan lahan marjinal yang potensial untuk dijadikan sebagai lahan pertanian. Tanah pasiran adalah salah satu lahan marjinal yang memiliki tekstur tanah didominasi oleh fraksi pasir. Faktor yang menjadi pembatas utama adalah ketersediaan air yang sangat rendah. Tindakan yang bisa dilakukan yaitu dengan melakukan pemberian air sesuai kebutuhan tanaman dan peningkatan kemampuan tanah memegang air. Bahan organik dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan tanah memegang air, karena gugus-gugus fungsional bahan organik mempunyai kemampuan untuk mengikat air, meningkatnya kemampuan mengikat air ini dikarenakan pengisian pori-pori tanah yang terbentuk karena agregasi tanah yang lebih baik (Dariah dkk., 2012).

Bahan organik yang relatif mudah lapuk seperti pupuk kandang, jerami yang sudah diaplikasikan oleh petani, sedangkan bahan organik yang sulit lapuk seperti limbah tanaman perkebunan masih sedikit sekali dimanfaatkan karena

sangat sulit untuk dikomposkan. Bahan organik sulit lapuk sebenarnya dapat dimanfaatkan diproses terlebih dahulu menjadi arang (biochar). Aplikasi biochar berbahan baku dari limbah tanaman perkebunan merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengelola tanah pasiran sehingga mendukung pertumbuhan tanaman. Biochar adalah bentuk karbon stabil yang dihasilkan proses pembakaran yang tidak sempurna dengan oksigen terbatas atau tanpa oksigen *pyrolysis* (Prasetyo dkk., 2015).

Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk biochar sangat banyak dan mudah didapatkan dari limbah perkebunan. Tanaman perkebunan yang memproduksi secara terus-menerus menimbulkan banyak limbah seperti limbah bagasse tebu, limbah kulit kopi dan biji karet sangat mudah didapatkan. Limbah tersebut sangat cocok dijadikan biochar karena sulit lapuk sehingga sulit terdekomposisi. Biochar memiliki sifat stabil yang dapat dijadikan pembenah tanah lahan kering. Penggunaan biochar sebagai suatu pilihan selain sumber bahan organik segar dalam pengelolaan tanah untuk tujuan pemulihan dan peningkatan kualitas kesuburan tanah terdegradasi atau tanah lahan pertanian kritis semakin berkembang dan sekarang ini mendapatkan fokus perhatian penting para ilmuwan tanah dan lingkungan (Tambunan dkk., 2014). Shenbagavalli dan Mahimairaja (2012) menegaskan bahwa kualitas biochar yang digunakan sebagai pembenah tanah tergantung dari jenis bahan dan karakteristik bahan yang digunakan.

Biochar dapat dimanfaatkan sebagai pembenah tanah, diantaranya dalam meningkatkan kemampuan tanah menahan air. Untuk mengetahui seberapa besar biochar mampu menahan air maka dilakukan pemberian air dengan berbagai tingkatan dalam kapasitas lapangan. Pemberian air yang berbeda dalam penelitian ini merupakan salah satu cara untuk melihat seberapa besar biochar dapat menahan air dan memperbaiki sifat fisik tanah untuk mendukung pertumbuhan dan hasil dari tanaman sawi selain agar dapat digunakan sebagai alternatif dari konversi atau alih fungsi lahan pertanian juga efisiensi pemberian air untuk tanaman sawi pakcoy.

Sayuran adalah salah satu komponen dari menu makanan yang sehat, maka tidak heran bila kebutuhan semakin meningkat sejalan dengan kesadaran masyarakat tentang kesehatan. Diantara bermacam-macam jenis sayuran yang dapat dibudidayakan, tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan salah satu komoditas sayuran yang memiliki nilai komersial dan prospek yang menguntungkan. Indonesia sangat memungkinkan untuk dikembangkan tanaman sayur-sayuran yang bermanfaat bagi pertumbuhan dan perkembangan manusia. Budidaya tanaman sawi relatif mudah untuk dilaksanakan, sehingga dapat dilakukan oleh petani ataupun masyarakat biasa. Budidaya tanaman sawi selain mudah dilaksanakan, juga sangat cepat menghasilkan karena tanaman ini memiliki umur yang relatif pendek (genjah), mulai dari awal tanam sampai siap panen.

Tanaman sawi dapat ditanam didataran tinggi ataupun rendah. Sawi termasuk tanaman sayuran yang tahan terhadap hujan dapat ditanam sepanjang tahun, asalkan pada musim kemarau disediakan air yang cukup. Keadaan tanah yang baik untuk budidaya tanaman sawi adalah yang gembur, banyak mengandung humus, dan drainase baik dengan pH 6-7 (Cahyono, 2003). Tanaman sawi mempunyai manfaat dan nilai ekonomi yang tinggi. Bagian tanaman yang dikonsumsi adalah daunnya yang masih muda. Daun sawi sebagai bahan makanan sayuran memiliki bermacam-macam manfaat dikehidupan sehari-hari. Mengingat manfaat dan kegunaan dari tanaman sawi yang begitu besar sebaiknya mulai saat ini budidaya tanaman sawi perlu untuk dikembangkan.

Pemanfaatan beberapa limbah tanaman perkebunan meliputi limbah kulit kopi, limbah baggase tebu dan biji karet untuk dijadikan biochar diharapkan dapat digunakan sebagai media tanam yang baik untuk tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L). Pengaplikasian biochar pada tanah pasiran pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi pembenah tanah terutama terhadap sifat fisika tanah meliputi berat volume, berat jenis partikel, porositas, dan kapasitas menahan air sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy yang berkualitas.

1.2 Perumusan Masalah

Media tanam merupakan hal yang paling menentukan dalam proses budidaya pertanian. Tanah pasiran merupakan salah satu lahan marjinal yang potensial untuk dijadikan sebagai lahan pertanian. Tanah pasiran semacam ini mempunyai kemampuan rendah dalam menyimpan air, memberikan udara lebih banyak dan mempercepat proses pengeringan (Prasetyo dkk., 2015). Pengelolaan dengan aplikasi biochar berbahan baku dari beberapa limbah tanaman perkebunan pada tanah pasiran diharapkan bisa memenuhi kebutuhan bahan organik tanah yang bersifat perekat mengisi pori-pori tanah sehingga mampu untuk mengikat air (Dariah dan Nurida, 2012). Limbah yang digunakan untuk pembuatan biochar adalah limbah kulit kopi, limbah bagasse tebu dan biji karet. Pemilihan bahan tersebut didasarkan karakteristik limbah tersebut yang sulit terdekomposisi dan bahan tersebut mudah untuk didapatkan. Biochar sebagai pembenah tanah pasiran diharapkan bisa memperbaiki karakteristik tanah. Selain itu pemberian air yang berbeda juga merupakan hal yang sangat penting dan bisa memberikan pengaruh terhadap media tanam yang mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica rapa* L.) yang berkualitas. Oleh karena itu, berikut merupakan rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh aplikasi berbagai sumber biochar dengan tingkat cekaman air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy?
2. Bagaimana pengaruh aplikasi berbagai sumber biochar dengan tingkat cekaman air terhadap karakteristik tanah pasiran?
3. Manakah perlakuan pemberian berbagai sumber biochar dan tingkat cekaman air yang paling baik dalam pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh aplikasi berbagai sumber biochar dengan tingkat cekaman air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy.
2. Mengetahui pengaruh aplikasi berbagai sumber biochar dengan tingkat cekaman air terhadap karakteristik tanah pasiran.
3. Mengetahui perlakuan terbaik dari pemberian berbagai sumber biochar dengan tingkat cekaman air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy.

1.4 Manfaat

1. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi mengenai aplikasi biochar dari limbah perkebunan dengan tingkat cekaman air yang berbeda sebagai pembenah karakteristik tanah pasiran.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif media tanam yang terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.).
3. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan di dalam melakukan penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

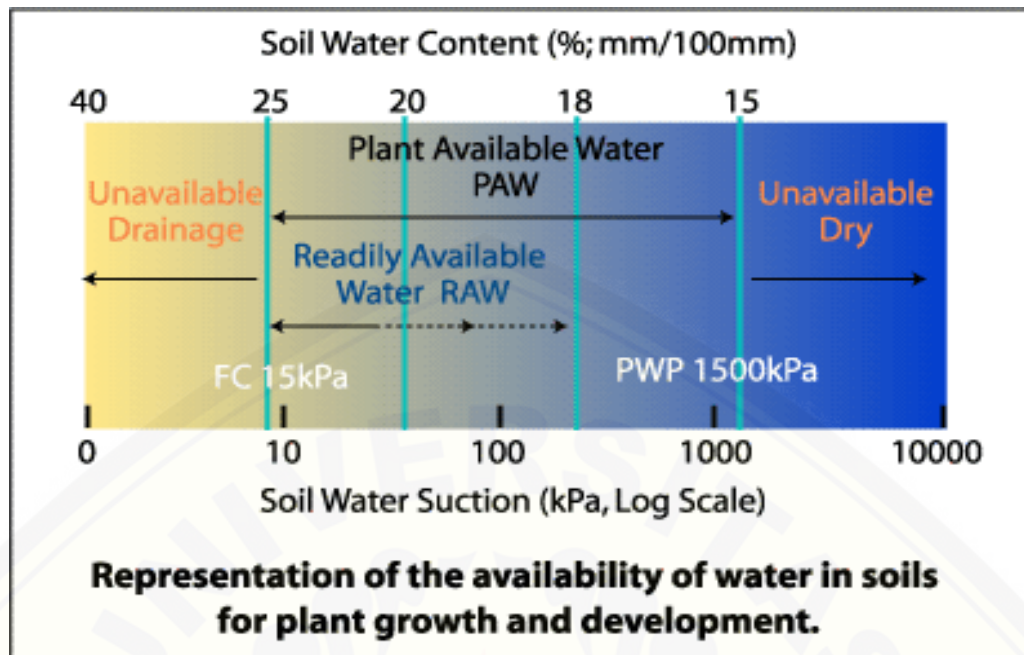
2.1 Karakteristik Tanah Pasiran

Tanah pasiran merupakan salah satu lahan marginal yang potensial untuk dijadikan sebagai lahan pertanian. Menurut Prasetyo dkk (2015) tanah pasiran memiliki kapasitas menahan air yang rendah, kadar hara, kandungan bahan organik, serta tingkat kesuburan yang rendah. Ruang pori makro yang dimiliki tanah pasiran menyebabkan tanah semacam ini mempunyai kemampuan rendah dalam menyimpan air, memberikan udara lebih banyak dan mempercepat proses pengeringan. Hou *et al.* (2013) juga berpendapat bahwa tanah pasiran adalah tanah yang buruk karena teksturnya yang remah sehingga kemampuan tanah menyimpan air dan nutrisi rendah.

Karakteristik tanah yang kurang memadai seperti tanah pasiran yakni bersifat porous, kemantapan agregat tanah lemah dan apabila bahan organik kurang dari 1%, dinilai kurang mendukung untuk pertumbuhan tanaman yang optimal. Tanah dengan kemantapan agregat yang lemah dan miskin bahan organik memiliki kemampuan retensi air dan hara rendah sehingga kondisi fisik seperti ini menyebabkan rendahnya efisiensi pemupukan untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, perlu dilakukan penambahan input maupun pengelolaan tanah agar dapat mendukung pertumbuhan tanaman (Suwardji dkk., 2012).

2.2 Cekaman Air

Air merupakan faktor penting yang dibutuhkan tanaman dalam proses pertumbuhan. Air menempati ruang pori tanah diantara padatan tanah, tanah berhubungan erat dengan kemampuan tanaman untuk menyerap air. Terdapat tiga jenis kondisi tanah saat menyerap air yaitu pada kondisi jenuh saat semua ruang pori tanah terisi oleh air, kondisi kapasitas lapangan (*field capacity*) dimana jumlah air dalam kondisi seimbang dan yang ketiga adalah kondisi titik layu (*wilting point*) dimana sebagian ruang pori akan terisi udara dan sebagian lainnya terisi air yang ditandai dengan layunya tanaman terus-menerus (Islami dan Utomo, 1995)



Gambar 2.1 Soils Water Content (sumber : Maheria, 2012)

Efisiensi penggunaan air (*water use efficiency*) merupakan efisiensi penggunaan air pada tanaman dengan menghemat penggunaan air tanpa mengurangi jumlah produksi tanaman. Efisiensi penggunaan air pada tanaman dilakukan dengan cara mengatur pola penggenangan atau pendistribusian air menurut fase pertumbuhan tanaman. Faktor utama yang mempengaruhi efisiensi penggunaan air yaitu kelembaban atmosfer. Faktor lain yang berpengaruh terhadap efisiensi kebutuhan air yaitu suhu udara, radiasi dan ketersediaan air tanah (Al-Mefleh *et al.*, 2010). Aplikasi bahan organik dapat mempengaruhi efisiensi kebutuhan air oleh tanaman, ketersediaan air didalam tanah dapat lebih tersedia. Menurut Zulkarnaen *et al.* (2013) bahwa aplikasi bahan organik pada tanah mampu meningkatkan ketersediaan air tanah dengan melancarkan pergerakan air tanah melalui pembentukan pori tanah dan kemantapan agregat tanah. Penambahan bahan organik merupakan suatu tindakan pemanfaatan air secara efisien. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Duriah *et al.* (2012) bahwa aplikasi bahan organik berupa biochar mampu meningkatkan kemampuan tanah memegang air sehingga mendukung pemanfaatan air secara efisien.

2.3 Biochar

Biochar merupakan residu pirolisis berbentuk arang yang mengandung karbon tinggi. Biochar mampu memperbaiki tanah melalui kemampuannya meningkatkan pH, meretensi air, meretensi hara, dan meningkatkan aktivitas biota dalam tanah serta mengurangi pencemaran, secara tidak langsung biochar mampu mengurangi hilangnya hara melalui pelindian, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemupukan. Kualitas dari biochar sangat ditentukan oleh karakteristik bahan baku dan proses pirolisis. Bahan dasar yang digunakan akan mempengaruhi sifat-sifat biochar itu sendiri dan mempunyai efek yang berbeda-beda terhadap produktivitas tanah dan tanaman (Shenbagavalli dan Mahimairaja, 2012).

Struktur berpori dari biochar dibuat selama pirolisis biomassa karena penghapusan senyawa volatil dari ruang pori, dan aplikasi biochar ke tanah dapat meningkatkan sifat fisik tanah karena struktur berporinya. Jenis kondisi biomassa dan pirolisis (suhu, laju pemanasan, waktu penahanan, dll) mempengaruhi perkembangan struktur berpori dan ukuran pori-pori di biochar. Porositas biochar dapat diklasifikasikan sebagai pori mikro: $< 2\text{nm}$, pori meso: $2\text{-}50\text{ nm}$, dan pori makro: $> 50\text{ nm}$. Karena semua ukuran pori terbatas untuk skala nano, biochar akan memiliki kemampuan yang lebih baik untuk meningkatkan porositas tanah pada tanah bertekstur kasar sekaligus meningkatkan retensi air tanah. Selain itu, biochar memiliki kemampuan untuk mempertahankan dan menjaga kadar air yang tinggi selama periode kekeringan (Igalavithana, *et al.*, 2017).

Struktur fisik bahan baku, terutama ukuran pori, yang sangat menentukan luas permukaan, retensi air, dan pemanfaatan biologi dari biochar yang dihasilkan, pada dasarnya terkunci ke dalam bentuk selama “modifikasi termal.” Sementara proporsi yang lebih besar dari mikr-pori dapat menghasilkan luas permukaan yang lebih tinggi, dan kemampuan retensi hara sehingga lebih besar, banyak mikroorganisme tanah yang terlalu besar untuk memanfaatkan ruang-ruang kecil tersebut dan mendapatkan keuntungan dari beberapa jumlah ukuran pori yang lebih besar. Dalam hal peningkatan pertumbuhan tanaman, biochar dengan berbagai ukuran pori mungkin paling cocok untuk meningkatkan fisik, kimia, dan biologi tanah. Proses di mana sebuah biochar dihasilkan merupakan faktor penting

yang mempengaruhi kualitasnya. Sementara beberapa metode telah secara konsisten menghasilkan berkualitas rendah biochar, proses lainnya, bila dilakukan dengan benar, dapat menghasilkan biochar kualitas tinggi (Hunt, *et al.*, 2010).

Beberapa manfaat penggunaan biochar menurut Basri dan Aziz (2011) antara lain :

- a. Penambahan biochar pada lapisan atas tanah pertanian akan memberikan manfaat yang cukup besar. Sebagai deposit karbon dalam tanah biochar bekerja dengan cara mengikat dan menyimpan CO₂ dari udara untuk mencegahnya terlepas ke atmosfer. Kandungan karbon yang terikat dalam tanah jumlahnya besar dan tersimpan hingga waktu yang lama.
- b. Biochar merupakan satu-satunya teknologi yang murah dan bisa diterapkan secara luas dalam skala kecil ataupun luas.
- c. Di samping mengurangi emisi dan menambah pengikatan gas rumah kaca, biochar memberi banyak manfaat dalam usaha pertanian.
- d. Biochar dapat memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produksi tanaman, terutama pada tanah-tanah yang kurang subur.
- e. Kemampuan biochar untuk memegang air dan hara dalam tanah membantu mencegah terjadinya kehilangan pupuk akibat aliran permukaan (*runoff*) dan pencucian (*leaching*), sehingga memungkinkan penghematan pupuk dan mengurangi polusi pada lingkungan sekitar.

Teknik pengaplikasian biochar sangat menentukan pengaruhnya terhadap perbaikan kondisi tanah dan tanaman. Menurut Carter *et al.* (2010) pengaplikasian biochar ke media tanam yang idealnya adalah di daerah zona perakaran dengan mencampurkan dengan tanah. Pencampuran biochar diusahakan merata di daerah perakaran dengan tujuan agar pengelolaan air lebih baik dan kemungkinan terjadinya erosi oleh air dan angin sedikit. Potensi penggunaan biochar di Indonesia cukup besar, mengingat bahan baku seperti limbah kulit kopi, limbah bagasse tebu dan biji karet banyak tersedia. Sisa-sisa hasil pertanian yang sulit terdekomposisi tersebut merupakan salah satu alternatif bahan baku pembuatan biochar yang dapat ditempuh untuk peningkatan kualitas sifat fisik sehingga produksi tanaman dapat ditingkatkan (Mawardiana dkk., 2013).

2.4 Limbah Tanaman Perkebunan

2.4.1 Limbah Kulit Kopi

Kopi merupakan salah satu tanaman perkebunan yang menghasilkan limbah hasil sampingan yang cukup besar dari hasil pengolahan. Menurut Maridelana *et al.* (2014), tanaman kopi di Indonesia tersebar terutama di Sumatra, Jawa, Bali, Sulawesi dan Nusa Tenggara. Sekitar 95% dari luas areal tersebut merupakan tanaman kopi rakyat, sedangkan tanaman kopi perkebunan sebagian besar terdapat di Jawa Timur dan Jawa Tengah. Produksi kopi Indonesia saat ini telah mencapai lebih kurang 650.000 ton per tahun, dimana sektor perkebunan rakyat merupakan penghasil utama kopi Indonesia (96,2%), sisanya dari sektor perkebunan swasta lebih kurang sebesar 10.000 ton (1,5%) dan dari sektor perkebunan negara menyumbang rata-rata 15.000 ton (2,3%) per tahun. Total produksi kopi Indonesia terdiri atas 550.000 ton (81,2%) berupa kopi robusta dan 125.000 ton (18,8%) berupa kopi arabika. Lampung, Sumatera Selatan dan Bengkulu merupakan daerah utama penghasil kopi robusta Indonesia yang dalam pasar dunia lebih dikenal sebagai Kopi Robusta Sumatera, sedangkan Jawa Timur, Bali dan Flores menghasilkan kopi robusta dan arabika.

Limbah sampingan tersebut berupa kulit kopi yang jumlahnya berkisar antara 50 – 60% dari hasil panen. Bila hasil panen sebanyak 1000kg kopi segar berkulit, maka yang menjadi biji kopi sekitar 400-500kg dan sisanya adalah hasil sampingan berupa kulit kopi. Limbah kulit kopi belum dimanfaatkan petani secara optimal (Efendi dan Harta, 2014). Berikut merupakan kandungan komposisi kimia limbah kulit kopi, yaitu :

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Kulit Kopi

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Bahan kering	90,52
Protein Kasar	6,27
Serat kasar	34,11
Lemak Kasar	1,31
Abu	7,54
Air	9,48

Sumber : Simamora (2010)

2.4.2 Limbah Bagasse Tebu

Tanaman tebu merupakan tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Ampas tebu (*bagasse*) merupakan produk samping hasil dari proses pengolahan tebu, dan menjadi residu setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya. Menurut Ariningsih (2014), satu ton tebu dapat menghasilkan sekitar 300 kg ampas (30%), sementara itu hasil perhitungan Syahputra *et al.* (2011), dengan asumsi proses penggilingan tebu menjadi gula dihasilkan sekitar 10,2 juta ton ampas tebu per tahun atau per musim giling di Indonesia.

Banyaknya limbah ampas tebu dibandingkan dengan hasil niranya menunjukkan bahwa perlunya pengelolaan limbah ampas tebu. Salah satu pemanfaatan limbah ampas tebu adalah sebagai bahan baku pembuatan biochar untuk digunakan sebagai pembenah tanah. Karena ampas tebu mudah terbakar kandungan air atau niranya sudah diambil untuk bahan baku pembuatan gula. Adapun komposisi kimia ampas tebu adalah sebagai berikut, yaitu :

Tabel 2.2. Komposisi Bagasse Tebu

Komponen	Kandungan (%)
Karbon (C)	47,0
Hidrogen (H)	6,5
Oksigen (O)	44,0
Abu	2,5
Kalor	1.825 kkal/kg
Protein kasar	1,01-2,11
Serat kasar	43-52
Kecernaan	<25
Kadar NDF	84,2
Kadar ADF	51
Hemiselulosa	33,2
Selulosa	40,3
Lignin	11,2
Nilai kalor	7.600 kJ/kg

Sumber: Christiyanto dan Subrata, 2005.

2.4.3 Biji Karet

Biji karet berdasarkan struktur yang berupa kayu, maka dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif atau juga dikenal dengan nama biochar. Karet atau tanaman karet sebagaimana diketahui merupakan salah satu tanaman yang dibudidayakan dan menjadi salah satu komoditi unggulan bagi Indonesia di bidang perkebunan. Banyaknya biji karet yang dihasilkan oleh pohon karet sendiri sebenarnya menjadi salah satu potensi, baik untuk energi ataupun tujuan ilmiah, namun selama ini biji karet sendiri masih belum banyak dimanfaatkan dengan benar-benar dan memiliki standarisasi tertentu.

Biji karet masih lebih dimanfaatkan untuk bahan tanam utama dengan kisaran dari total biji karet yang dihasilkan tanaman, hanya sekitar 25% yang dipakai sedangkan lebih kurang 75% tidak terpakai (Maftuah dan Nursyamsi, 2015). Kandungan dari biji karet adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Komposisi Kimia Biji Karet

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Air	14,5
Protein Kasar	22,5
Serat kasar	3,8
Lemak Kasar	49,5
Abu	3,5
Ca	0,48
P	0,64

Sumber : Novia dkk. (2009)

Kondisi tersebut melatarbelakangi pemanfaatan biji karet sebagai bahan baku biochar. Pemanfaatan biji karet sebagai bahan baku biochar diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan penurunan kualitas lahan pertanian di Indonesia. Perlakuan pengaplikasian biochar pada tanah pasiran diharapkan dapat membantu meningkatkan kualitas tanah. Peningkatan kualitas tanah dapat dilihat dari karakteristik fisika tanah meliputi kemampuan tanah merentensi air, merentensi hara dalam tanah, populasi mikroba dalam tanah, dan lainnya yang mendukung pertumbuhan tanaman.

2.5 Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.)

Tanaman sawi pakcoy diklasifikasikan menurut (Haryanto dan Rahayu, 2007) sebagai berikut :

Divisio	: Spermatophyta
Sub division	: Angiospermae
Class	: Dicotyledoneae
Ordo	: Rhoadales
Famili	: Cruciferae
Genus	: Brassica
Spesies	: <i>Brassica rapa</i> L.

Tanaman sawi memiliki akar tunggang dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang menyebar kesemua arah dengan kedalaman antara 30-50 cm. Akar-akar ini berfungsi antara lain menghisap air dan zat makanan dari dalam tanah, serta menguatkan berdirinya batang tanaman. Batang tanaman sawi pendek dan beruas-ruas sehingga hampir tidak kelihatan, sawi berdaun lonjong, halus, tidak berbulu dan tidak krop. Tanaman sawi umumnya mudah berbunga dan berbiji secara alami baik didataran tinggi atau rendah, struktur bunganya didalam tangkai bunga yang tumbuh memanjang dan bercabang. (Heru dan Yovita, 2003).

Tanah yang sesuai untuk tanaman sawi adalah tanah yang berstruktur baik, subur, banyak humus, gembur, remah, berdrainase baik, mudah mengikat air dengan pH sekitar 6-7 (Haryanto dan Rahayu, 2007). Rukmana (2002) juga menyatakan bahwa sawi dapat ditanam pada berbagai jenis tanah, namun paling baik adalah jenis tanah lempung berpasir seperti andosol. Pada tanah-tanah yang mengandung liat perlu pengelolaan tanah secara sempurna, antara lain pengolahan tanah yang cukup dalam, penambahan pasir dan pupuk organik dalam dosis yang tinggi. Tanaman sawi membutuhkan air cukup besar, diperkirakan kebutuhan airnya mendekati kondisi kapasitas lapang namun jangan sampai tergenang. Defisiensi oksigen akan terjadi apabila tanah dalam budidaya sawi dalam kondisi tergenang.

Kebutuhan air tanaman berbeda-beda tergantung jenis tanamannya. Menurut Simangunsong dkk (2013), tanaman sawi merupakan tanaman sayuran

yang biasa ditanam didataran tinggi. Namun karena semakin berkurangnya lahan pertanian saat ini, sawi dapat ditanam pada dataran rendah tetapi membutuhkan cukup air (harus selalu lembab) dalam pertumbuhannya. Ketersediaan air bagi tanaman yang tidak mencukupi akan mempengaruhi morfologi dan fisiologi tanaman sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman tidak sesuai dengan harapan.

2.5 Hipotesis

1. Terdapat pengaruh yang positif pada setiap aplikasi biochar dengan tingkat cekaman air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy.
2. Terdapat pengaruh yang positif pada setiap aplikasi biochar dengan tingkat cekaman air terhadap karakteristik tanah pasiran.
3. Aplikasi biochar berbahan baku dari beberapa limbah tanaman perkebunan akan memberikan perubahan yang positif terhadap sifat fisik tanah pasiran dan pertumbuhan serta hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang berbeda karena pengaruh cekaman air yang berbeda.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2017 – Maret 2018. Penelitian ini dibagi 3 tahap, yaitu tahap pertama pembuatan biochar dilakukan di belakang Gedung Jurusan Tanah. Tahap kedua, proses analisis karakteristik tanah dilakukan di laboratorium Fisika Tanah dan Kobservasi Tanah, serta laboratorium Kesuburan dan Kimia, Fakultas Pertanian Universitas Jember, sedangkan Tahap ketiga, proses penanaman benih tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) bertempat di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain, yaitu : benih sawi, tanah pasiran, limbah kulit kopi, limbah bagasse tebu, biji karet, dan pupuk NPK.

3.2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timba ukuran 20x30 cm, peralatan untuk pembuatan biochar (tong, korek), peralatan laboratorium fisika tanah (ring sampel, oven, timbangan analitis, eksikator, piknometer), cangkul, penggaris, alat tulis, kamera, kantong plastik, dan kertas label.

3.3 Pelaksanaan Riset

3.3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan 2 faktor, yaitu :

Faktor 1 : Jenis bahan baku biochar dosis 33,3 g/timba setara 20 ton/ha, yaitu :

1. Tanpa biochar (B1)
2. Limbah kulit kopi (B2)
3. Limbah bagasse tebu (B3)
4. Limbah biji karet (B4)

Faktor 2 : Tingkat cekaman air dengan 3 taraf pada 4 kg tanah yaitu :

1. 50% kapasitas lapangan (C1)
2. 60% kapasitas lapangan (C2)
3. 70% kapasitas lapangan (C3)

Berikut merupakan desain rancangan perlakuan pada tanaman sawi di Rumah Kaca Fakultas Pertanian, yaitu meliputi 12 kombinasi perlakuan dengan masing-masing 3 kali ulangan, diantaranya sebagai berikut :

UL 1	UL 2	UL 3
B1C1	B2C2	B3C3
B1C2	B2C3	B3C1
B1C3	B2C1	B3C2
B2C1	B3C2	B4C3
B2C2	B3C3	B4C1
B2C3	B3C1	B4C2
B3C1	B4C2	B1C3
B3C2	B4C3	B1C1
B3C3	B4C1	B1C2
B4C1	B1C2	B2C3
B4C2	B1C3	B2C1
B4C3	B1C1	B2C2

Tabel 3.1 Desain Percobaan

3.3.2 Tahap Pembuatan Biochar

Biochar dari limbah pertanian diproduksi melalui proses pirolisis dengan langkah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan tong yang sudah terbuka bagian atasnya dan bahan (kulit kopi, bagasse tebu, biji karet kayu bakar dan minyak tanah).
- b. Mengeringkan bahan terlebih dahulu agar memudahkan proses pembakaran.

- c. Masukkan limbah kulit kopi, limbah baggase tebu dan biji karet dalam tong kecil dan ditutup rapat, lalu dimasukkan kedalam tong besar yang telah diisi kayu bakar dan kertas.
- d. Menyiram kayu bakar dan kertas dengan minyak tanah.
- e. Membakar kayu yang terdapat dibagian bawah dan atas tong kecil dan kemudian tutup tong sampai rapat tidak ada oksigen.
- f. Setelah tidak ada asap, arang hasil pembakaran dituangkan ke tanah dan biarkan dingin.
- g. Mengayak arang yang dihasilkan dengan ayakan 2 mm.
- h. Memasukkan arang yang dihasilkan dalam kantong plastik dan disimpan sebelum digunakan.
- i. Selanjutnya melakukan analisis C-Organik, pH, dan KTK setiap bahan biochar tersebut.

3.3.3 Tahap Analisis Karakteristik Tanah

Tanah yang digunakan sebagai media penelitian dan biochar terlebih dahulu dilakukan analisis sebagai berikut :

Tabel 3.2 Metode analisis awal tanah yang digunakan

Variabel	Metode
Analisis pH H ₂ O (1 : 2,5)	Metode pH meter
Analisis BV	Metode Ring Sampel
Analisis BJP	Metode Piknometer
Analisis Porositas	Metode Perhitungan BV dan BJP
Analisis Tekstur	Metode Pipet
Analisis C-Organik tanah dan biochar	Kurmis dan Pengabuan

3.3.4 Tahap Penanaman

1. Pembuatan media tanam

Pengambilan tanah yang akan dijadikan media tanam dilakukan pada lapisan olah tanah. Sampel tanah pasiran diambil di Desa Sidomulyo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember. Kemudian menimbang sebanyak 4 kg dan

mencampurkan biochar yang sudah disiapkan sebelumnya dengan kombinasi sesuai rancangan percobaan yang sudah ditentukan sebelumnya. Kemudian memberikan pemupukan dasar NPK sesuai anjuran yang terbaik untuk budidaya sawi. Setelah campuran tanah pasiran dan biochar tercampur rata, maka media tersebut dimasukkan kedalam timba ukuran 20x30 cm dan diberi label untuk penamaan setiap kombinasi perlakuan.

2. Pembibitan

Benih sawi yang digunakan adalah benih tanaman sawi yang bersertifikat. Benih ditanam langsung pada media tanam potray yang telah dipersiapkan sebelumnya. Setelah 2-3 minggu setelah semai dan daun 3-4 helai dipindah pada timba.

3. Perawatan

Perawatan yang dilakukan berupa penyulaman ketika ada bibit yang mati dan penyiangan serta pembersihan gulma dua minggu sekali. Selain itu melakukan pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) apabila terjadi serangan.

4. Pemupukan

Pemupukan dilakukan dua kali yaitu pada saat 15 HST dan 25 HST. Dosis pupuk pada pertama aplikasi yaitu urea 1 g/timba (setara dengan 100 kg/ha), TSP 1 g/timba (setara dengan 100 kg/ha) dan KCL 0,7 g/timba (setara dengan 75 kg/ha). Sedangkan pemupukan yang kedua dengan dosis urea 0,5 g/timba (setara dengan 50 kg/ha). Cara pemberian pupuk yaitu dengan mencampur semua pupuk yang digunakan pada saat aplikasi dan disebar diantara tanaman sawi kemudian dialiri air.

5. Pemeliharaan tingkat cekaman air

Pemeliharaan tingkat cekaman air dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri untuk mengukur tingkat kelembaban tanah. Jika tidak sesuai dengan perlakuan maka harus ditambah air sampai kondisi yang diinginkan.

6. Pengambilan sampel tanaman

Pengambilan sampel tanaman dilakukan setelah 42 HST (Hari Setelah Tanam). Pengambilan sampel dilakukan untuk mengukur panjang perakaran, berat basah dan berat kering tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa L.*).

3.3.5 Variabel Pengamatan

Variabel Pengamatan	Metode	Waktu Pengamatan
Berat Volume (BV)	Metode Ring	Akhir
Berat Jenis Partikel (BJP)	Metode Piknometer	Akhir
Porositas	Perhitungan BV dan BJP	Akhir
Tinggi Tanaman	Pengukuran	Setiap 1 Minggu
Jumlah Daun	Pengukuran	Setiap 1 Minggu
Panjang Daun	Pengukuran	Setiap 1 Minggu
Lebar Daun	Pengukuran	Setiap 1 Minggu
Panjang Akar	Pengukuran	Akhir
Berat Basah Brangkasan	Metode Gravimetri	Akhir
Berat Kering Brangkasan	Metode Gravimetri	Akhir

3.3.6 Analisis Data

Analisis data diuji menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Varians*) sesuai dengan persamaan (3.1) sebagai berikut:

Model linier yang digunakan dalam Rancangan Acak Kelompok Faktorial sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + K_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

Y_{ij} = nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-i yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-j dari faktor perlakuan A dan taraf kelompok ke-k dari faktor perlakuan B.

μ = nilai tengah populasi.

K_k = pengaruh taraf ke-k dari faktor kelompok.

α_i = pengaruh taraf ke-i dari faktor perlakuan A.

β_j = pengaruh taraf ke-j dari faktor perlakuan B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh taraf ke-i dari faktor perlakuan A dan taraf ke-j dari faktor percobaan B.

ϵ_{ijk} = pengaruh acak dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij.

Tabel 3.3 Sidik Ragam Rancangan Acak Kelompok

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel
Kelompok	r-1	JKK	KTK		
Perlakuan	ab-1	JKP	KTP	KTP/KTG	$F_{(\alpha, db-P, db-G)}$
A	a-1	JK(A)	KT(A)	KT(A)/KTG	$F_{(\alpha, db-A, db-G)}$
B	b-1	JK(B)	KT(B)	KT(B)/KTG	$F_{(\alpha, db-B, db-G)}$
AB	(a-1)(b-1)	JK(AB)	KT(AB)	KT(AB)/KTG	$F_{(\alpha, db-AB, db-G)}$
Galat	ab(r-1)	JK(G)	KTG		
Total	abr-1	JKT			

Kesimpulan:

Pengaruh Utama Faktor A

$H_0 = \sum^2 \alpha = 0$ (tidak ada keragaman dalam populasi taraf faktor A)

$H_1 = \sum^2 \alpha > 0$ (terdapat keragaman dalam populasi taraf faktor A)

Pengaruh Utama Faktor B

$H_0 = \sum^2 \beta = 0$ (tidak ada keragaman dalam populasi taraf faktor B)

$H_1 = \sum^2 \beta > 0$ (terdapat keragaman dalam populasi taraf faktor B)

Pengaruh Interaksi A x B

$H_0 = \sum^2 \alpha\beta = 0$ (tidak ada keragaman dalam populasi kombinasi perlakuan)

$H_1 = \sum^2 \alpha\beta > 0$ (terdapat keragaman dalam populasi kombinasi perlakuan).

Uji lanjut untuk mengetahui interaksi masing-masing perlakuan dilakukan menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)* pada taraf kepercayaan 95% dengan formula sebagai berikut:

$$R_p = r_{\alpha, \rho, v} S_{\bar{y}}$$
$$R_p = r_{\alpha, \rho, v} \sqrt{\frac{KTG}{r}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan:

R_p = Wilayah nyata terpendek

KTG = Kuadrat Tengah Galat

r = ulangan

$r_{\alpha, \rho, v}$ = nilai wilayah nyata Duncan

α = taraf nyata

ρ = jarak relatif antara perlakuan tertentu dengan peringkat berikutnya

v = derajat bebas galat.

Data yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel hasil uji Duncan dan grafik yang menyatakan hubungan antara variabel bebas dan variabel tergantung.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kombinasi perlakuan jenis biochar dengan tingkat cekaman air pada perlakuan limbah biji karet dengan tingkat cekaman air 50% kapasitas lapangan berpengaruh nyata menurunkan nilai berat volume tanah (BV) sebesar 12,96%.
2. Kombinasi perlakuan jenis biochar dengan tingkat cekaman air pada perlakuan limbah baggase tebu dengan tingkat cekaman air 70% kapasitas lapangan berpengaruh nyata meningkatkan nilai lebar daun sebesar 8,5% dan meningkatkan nilai panjang akar sebesar 11,91%.
3. Hasil penelitian perlakuan aplikasi biochar belum menunjukkan efisiensinya terhadap kebutuhan air tanaman, karena pengaruh komponen produksi tanaman sawi pakcoy terbaik pada cekaman air tertinggi 70% kapasitas lapangan. Sedangkan kombinasi perlakuan terbaik untuk penelitian ini adalah pada jenis biochar dari limbah baggase tebu dengan tingkat cekaman air 70% kapasitas lapangan.

5.2 Saran

Sebaiknya perlu dilakukan penelitian terkait teknik pembuatan biochar, karena dalam pembuatan biochar ini sangat sulit untuk ditetapkan mengingat setiap bahan yang akan dijadikan biochar memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Serta dalam penelitian ini supaya diperhatikan saat proses aplikasi biochar pada tanah, supaya biochar bisa mencampur rata dengan tanah harus dilakukan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, S., A. Peters, S. Trinks, H. Schonsky, M. Facklam and G. Wessolek. 2013. Impact of Biochar and Hydrochar Addition on Water Retention and Water Repellency of Sandy Soil. *Geoderma*: 183-191.
- Al-Mefleh, N.K. and M.J. Tadros. 2010. Influence of Water Quantity on The Yield, Water Use Efficiency, and Plant Water Relations of *Leucaena leucocephala* in Arid and Sem Arid Environment Using Drip Irrigation System. *African Journal of Agricultural Research*, 5(15): 1917-1924.
- Apzani, W., I. M. Sudhanta dan M.T. Fauzi. 2015. Aplikasi Biokompos Stimulator *Trichoderma* spp. dan Biochar Tempurung Kelapa Untuk Pertumbuhan dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.) di Lahan Kering. *Agroteknologi*, 9(1): 22-35.
- Ariningsih, Ening. 2014. Menuju Industri Tebu Bebas Limbah. Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Ke-34. Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Bogor
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Bogor : Balai Penelitian Tanah.
- Basri, A.B., dan A. Aziz. 2011. Arang Hayati (BIOCHAR) sebagai Bahan Pembena Tanah. *Serambi Pertanian*, 5(6) : 1-2.
- Cahyono, B. 2003. Teknik dan Strategi Budi Daya Sawi Hijau. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta.
- Carter, S., S. Shackley, S. Sohi, T. A. Suy dan S. Haefele. 2013. The Impact Of Biochar Application On Soil Properties And Plant Growth Of Pot Growth Lettuce (*Lactuca Sativa*) And Cabbage (*Brassica Chinensis*). *Agronomy*, 3(1) : 404-418.
- Christiyanto, M. dan A. Subrata. 2005. Perlakuan Fisik dan Biologis pada Limbah Industri Pertanian terhadap Komposisi Serat. Laporan Kegiatan. Pusat Studi Agribisnis dan Agroindustri. Lembaga Penelitian. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Dariah, A., dan N. L. Nurida. 2012. Pemanfaatan Biochar untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Kering Beriklim Kering. *Buana Sains*, 12 (1) : 33-38.

- Diena, A. 2017. Karakteristik Biochar Hasil Pirolisis Ampas Tebu (*Sacharum Officinarum*, Linn) dan Aplikasinya pada Tanaman Seledri (*Apium Graveollens* L). Banda Aceh : Fakultas KIP. Universitas Syiah Kuala.
- Efendi, Z., dan L. Harta. 2014. Kandungan Nutrisi Hasil Fermentasi Kulit Kopi (Studi Kasus Desa Air Meles Bawah Kecamatan Curup Timur). *BPTP Bengkulu*, 1 (1) : 1-5.
- Gray, DH. 2002. Optimizing soil compaction. http://forester.net/ecm_0209_optimizing.html. Diakses tanggal 2 Maret 2018.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Jakarta : Akademika Pressindo.
- Haryanto, W., T. Suhartini, dan E. Rahayu. 2007. Teknik Penanaman Sawi dan Selada Secara Hidroponik. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Heru, P dan Yovita, H. 2003. Hidroponik Sayuran Semusim Untuk Hobi dan Bisnis. Gramedia. Jakarta.
- Hou, Y., X. Hu, W. Yan, S. Zhang, and L. Niu. 2013. Effect of Organic Fertilizers Used in Sandy Soil on the Growth of Tomatoes. *Agricultural Sciences*, 4 (5) : 31-34.
- Hunt, J., Michael, D., D. Sato dan A. Kawabata. 2010. The Basics Of Biochar : A Natural Soil Amendment. *Soil And Crop Management*, 1 (1) : 1-6.
- Igalavithana, et al. 2017. Effect Of Corn Residue Biochar On The Hydraulic Properties Of Sandy Loam Soil. *Sustainability*. 9 (266) : 1-10.
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Jemal, K. dan A. Abebe. 2016. Determination of Biochar Rate for Improved Production of Lemmon Grass (*Cymbopogon Citratuc* L.). *Advanced Biological and Biomedical Research*, 4 (2) : 149-157.
- Khoiriyah, A.N., C. Prayogo dan Widiyanto. 2016. Kajian Residu Biochar Sekam Padi, Kayu dan Tempurung Kelapa terhadap Ketersediaan Air Pada Tanah Lempung Berliat. *Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 3(1): 253-260.
- Kurnia, U., F. Agus, A. Adimihardja dan A. Dariah. 2006. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.

- Kurniawan, R., Usmani., dan J. A. Arifandi. Kualitas Tembakau Besuki Na-Oogst Pada Lahan yang di Pupuk Menggunakan Pupuk Alam dan Urea. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1 (1) : 1-5.
- Kusumastuti, A. 2014. Dinamika P Tersedia, pH, C-Organik dan Serapan P Nilam (*Pogostemon cablin Benth.*) pada Berbagai Aras Bahan Organik dan Fosfat di Ultisols. *Pertanian Terapan*, 14 (3): 145-151.
- Liescahyani, Isti., H. Djatmiko., dan N. Sulistyaningsih. 2014. Pengaruh Kombinasi Bahan Baku dan Ukuran Partikel Biochar terhadap Perubahan Sifat Fisika pada Tanah Pasiran. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1 (1) : 1-6.
- Maftua'ah, E., dan D. Nursyamsi. 2015. Potensi berbagai bahan organik rawa sebagai sumber biochar. *Biodiversitas*, 1(4) : 776-781.
- Maheria, S.P., G. Lal, R.S Mehta, S.S Meena, S.N. Saxena, Y.K. Sharma, K. Kant, R.S. Meena, M.K. Vishal and R. Singh. 2012. Enhancing Water Use Efficiency in Cumin (*Cuminum cyminum* L). *Seed Spices*, 2(1): 34-38.
- Mahyaranti N. 2007. Studi Sifat Fisik Tanah Terhadap Konduktivitas Hidrolik Jenuh (KHJ) Di Sumberjaya, Lampung Barat. *Skripsi*. Malang : Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Maridelana, V. P., Hariyati, Y. dan Kuntadi, E. B. 2014. Fungsi Keuntungan Usahatani Kopi Rakyat di Desa Belantih Kecamatan Kintamani Kabupaten Bangli. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1 (3) : 47 – 52.
- Mawardiana, Sufardi, dan E. Husen. 2013. Pengaruh Residu Biochar Dan Pemupukan Npk Terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Padi Musim Tanam Ketiga. *Konservasi Sumberdaya Lahan*, 1(1) : 16-23.
- Meyer, S., L. Genesio, I. Vogel, H.P. Schmidt, G. Soja, E. Someus, S. Shackley, F.G.A. Verheijen, dan B. Glaser. 2017. Biochar Standardization And Legislation Harmonization. *Environmental Engineering and Landscape Management*, 1 (1) : 1-8.
- Nguyen, T.T.N., C.Y. Xu, I. Tahmasbian, R. Che, X. Zhou, H. M. Wallace, S. H. Bai, dan Z. Xu. 2017. Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: A review and meta-analysis. *Geoderma*, 288(2017) : 79-96.
- Novia., H. Yuliyati., dan R. Yuliandhika. 2009. Pemanfaatan Biji Karet Sebagai Semi Drying Oil dengan Metode Ekstraksi Menggunakan Pelarut N-Heksana. *Teknik Kimia*, 4 (16) : 1-10.

- Nsamba, H. K., S. E. Hale.,G. Cornelissen., dan R. T. Bachmann. 2015. Sustainable Technologies for Small-Scale Biochar Production. *Sustainable Bioenergy Systems*, 5 (1) : 10-31.
- Prabha, Shanthi. 2014. A Study on Carbon and Green House Gas Dynamics of Wetland Rice Soils with Special Reference to Biochar Application. *Skripsi*. Kottayam : Environmental Sciences Mathama Gandhi University.
- Prasetyo, Y., H. Djatmiko dan N. Sulistyanyingsih. 2015. Pengaruh Kombinasi Bahan Baku dan Dosis Biochar terhadap Perubahan Sifat Fisika Tanah Pasiran pada Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1 (1) : 1-5.
- Rachman, A., M. Sholeh, J. Hartono, G. Damaldiyo, Mukani, dan Achmadi. 2005. Peningkatan mutu tembakau cerutu besuki Jember Selatan. Laporan Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. Malang.
- Rahayu, S. W. 2008. Studi Analisis Kualitas Tanah pada Beberapa Penggunaan Lahan dan Hubungannya dengan Erosi di SubDAS Keduang Kecamatan Jatisrono Wonogiri. *Tesis*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Rukmana, R. 2002. Bertanam Petsai dan Sawi. Kanisius, Yogyakarta.
- Sedjati, S. 2009. Kajian Pemberian Bokashi Jerami Padi dan Pupuk P pada Kacang Tanah. Kudus : Fakultas Pertanian Muria Kudus.
- Shalsabila, F., S. Prijono., dan Z. Kusuma. 2017. Pengaruh Aplikasi Biochar Kulit Kakao terhadap Kemantapan Agregat dan Produksi Tanaman Jagung Pada Tanah Ultisol Lampung Timur. *Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 4 (1) : 473-480.
- Shenbagavalli, S. and Mahimairaja, S. 2012. Production and Characterization of Biochar from Different Biological Wastes. *Plant, Animal, and Environmental Sciences*, 2 (1) : 197 – 201.
- Simamora, H. K. 2010. Analisis Usaha Pemanfaatan Kulit Daging Kopi Diamoniasi pada Pakan Domba Lokal Jantan Lepas Sapih. *Skripsi*, Medan : Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Simangunsong, F. T., Sumono, A. Rohana dan E. Susanto. 2013. Analisis Efisiensi Irigasi Tetes Dan Kebutuhan Air Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*) Pada Tanah Inceptisol. *Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 2 (1) : 83 – 89.

- Smith, AL., AG. Bengough, C. Engels, M. van Noordwijk, S. Pellerin & SC. van de Geijn. 2000. Root methods, a handbook. CAB International. Wellingford. UK.
- Suwardji., W. H. Utomo, dan Sukartono. 2012. Kemantapan Agregat Setelah Aplikasi Biochar di Tanah Lempung Berpasir pada Pertanaman Jagung di Lahan Kering Kabupaten Lombok Utara. *Buana Sains*, 12 (1) : 61-68.
- Syahputra, A.S., Munarti, dan D.P.O. Saputra. 2011. Pengolahan limbah pabrik gula. Makalah Pengolahan Limbah Kimia. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Haluoleo. Kendari.
- Tambunan, S., E. Handayanto, dan B. Siswanto. 2014. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan Biochar terhadap Ketersediaan P dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. *Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1 (1) : 89-98.
- Zulkarnain, M., B. Prasetya dan Soemarno. 2013. Pengaruh Kompos, Pupuk Kandang dan Custom-Bio Terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan Dan Hasil Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Pada Entisol Di Kebun Ngrangkah-Pawon, Kediri. *Indonesian Green Technology*, 2(1): 45-52.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah

Parameter tanah	Nilai					
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5	
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75	
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25	
P ₂ O ₅ HCl (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60	
P ₂ O ₅ Bray-1 (ppm)	<10	10-15	16-25	26-35	>35	
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	<10	10-25	26-45	46-60	>60	
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60	
KTK (me/100g)	<5	5-16	17-24	25-40	>40	
Susunan Kation :						
K (me/100g)	<0,1	0,1-0,2	0,3-0,5	0,6-10	>10	
Na (me/100g)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1	
Mg (me/100g)	<0,4	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8	
Ca (me/100g)	<0,2	2-5	6-10	11-20	>20	
Kejenuhan Basa (%)	<20	20-35	36-50	51-70	>70	
Aluminium (%)	<10	10-20	21-30	31-60	>60	
	Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Sumber : Balai Penelitian Tanah (2009)

Lampiran 2. Kriteria Standar Biochar

		Voluntary product standards				National legislation				EC regulation 2003/2003	EC regulation 2003/2003	
		IBI-BS	EBC		BQM		Germany	Austria	Switzerland			Italy
			Basic	Pre-mium	Standard Gr.	High Gr.	Fertilizer Ordinance	Fertilizer Ordinance Soil Improvers etc.	Fertilizer Ordinance ⁴	Fertilizer Decree #75	REFERTIL recommendations	ESPP Suggestion
Summary of the standard	Subchapter	1.1	1.2		1.3		2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.3
Quality requirements for biochar	Unit											
Organic Carbon content	(%)	≥10	≥50 for biochars		≥10 ²		>80	-	≥50	≥20	≥50 for PBC, declaration for ABC	>30
Hydrogen/Organic Carbon - Ratio		≤0.7	<0.7		≤0.7		-	-	<0.7	≤0.7	Optional declaration	<0.7
Oxygen/Organic Carbon - Ratio		-	<0.4		-	-	-	-	-	-	-	-
Total ash content	%	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 60%	Optional declaration	-
pH-Value		-	-	-	-	-	-	-	-	4-12	6-10	-
Salinity (electrical conductivity)	mS/m	-	-	-	-	-	-	-	-	≤1000	Optional declaration	-
Moisture content (of powdery biochar)	%	-	≥30		≥20		-	-	≥30	≥20	≥40% for PBC, ≥20% for ABC	30-40% ³
Germination Test		Pass	-	-	-	-	-	-	-	Reporting Obligation	Mandatory	-
Worm Avoidance Test		-	-	-	-	-	-	-	-	Reporting Obligation	-	-
Organic Pollutants												
PAH content (US EPA 16)	mg/kg dm	≤300	<12	<4	<20	<20	-	<6	≤4	<6	≤6 ⁵	<6
B(a)P toxic equivalency	mg/kg dm	≤3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCBs	mg/kg dm	≤1 ⁶	<0.2		<0.5		-	<0.2	-	<0.5	≤0.2	<0.2
PFTs (PFOA and PFOS)	mg/kg dm	-	-	-	-	-	≤0.1	<0.1	-	-	-	-
PCDDs/Fs toxic equiv. (I-TEQ _{tox})	ng/kg dm	≤17	<20		<20		≤30 ⁷	≤20	≤20	<9	≤20 ⁸	<20
<i>Campylobacter species pluralis</i>		-	-	-	-	-	-	not detectable in 50 g.	-	-	-	-
<i>Escherichia Coli</i>		-	-	-	-	-	-	not detectable in 50 g.	-	-	1000 CFU/g for E. Coli ⁷	-
<i>Listeria monocytogenes</i>		-	-	-	-	-	-	not detectable in 50 g.	-	-	-	-
<i>Salmonella species pluralis</i>		-	-	-	-	-	-	not detectable in 50 g.	-	-	No salmonella sp. in 25 g ⁷	-

Sumber : Meyer *et al.*, (2017)

Lampiran 3. Dokumentasi Pembuatan Biochar



Gambar 1. Limbah kulit kopi



Gambar 4. Memastikan api menyala



Gambar 2. limbah baggase tebu



Gambar 5. Menutup rapat, sehingga diusahakan tidak ada oksigen (pirolisis sederhana).



Gambar 3. Biji karet



Gambar 6. Penghalusan biochar

Lampiran 4. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian



Gambar 1. Pengambilan tanah



Gambar 4. Persemaian sawi



Gambar 2. Proses kering angin



Gambar 5. Pengaturan penyiraman



Gambar 3. Pencampuran media, lalu inkubasi selama 45 hari



Gambar 6. Bibit sawi di Rumah Kaca

Lampiran 5. Dokumentasi Analisis di Laboratorium



Gambar 1. Sampling untuk analisis



Gambar 4. Penjenuhan (kadar air)



Gambar 2. BJP (picnometer)



Gambar 5. Analisis pH tanah



Gambar 3. Penimbangan (BV)



Gambar 6. Destilasi KTK

Lampiran 6. Dokumentasi Tinggi Tanaman Sawi Pakcoy

Gambar 1. Perbandingan tingkat cekaman air pada setiap jenis biochar terhadap tinggi tanaman sawi pakcoy



Gambar 2. Perbandingan setiap jenis biochar pada tingkat cekaman air yang berbeda terhadap tinggi tanaman sawi pakcoy

Lampiran 7. Dokumentasi Pengukuran Panjang Akar Metode *Line Interception*



Gambar 1. Pengambilan sampel



Gambar 4. Proses penyaringan



Gambar 2. Sampel dimasukkan Ke timba



Gambar 5. Akar dimasukkan dalam *Grid* kaca



Gambar 3. Proses pencucian



Gambar 6. Penghitungan

Lampiran 8. Rangkuman F-Hitung Hasil Analisis Variabel Pengamatan

Variabel Pengamatan	Jenis Biochar	Tingkat Cekaman air	Jenis Biochar X Tingkat Cekaman Air
Berat Jenis Partikel (BJP)	7,15**	0,79 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Berat Volume (BV)	3,23*	3,38 ^{ns}	3,45*
Porositas	0,90 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Tinggi Tanaman	3,06*	0,34 ^{ns}	1,52 ^{ns}
Jumlah Daun	1,71 ^{ns}	3,55*	0,73 ^{ns}
Panjang Daun	3,21*	0,53 ^{ns}	1,79 ^{ns}
Lebar Daun	4,23*	3,78*	3,01*
Panjang Akar	3,36*	1,40 ^{ns}	2,99*
Berat Basah Brangkasan	2,21 ^{ns}	2,69 ^{ns}	1,24 ^{ns}
Berat Kering Brangkasn	1,38 ^{ns}	2,17 ^{ns}	1,66 ^{ns}

Lampiran 9. Berat Jenis Partikel (g/cm³)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	2,68	2,64	2,75	8,07	2,69
	C2	2,96	2,52	2,50	7,98	2,66
	C3	3,08	2,70	3,00	8,78	2,93
Kopi (B2)	C1	2,42	2,36	2,53	7,32	2,44
	C2	2,56	2,57	2,08	7,22	2,41
	C3	2,61	2,50	2,14	7,25	2,42
Baggase (B3)	C1	2,39	2,53	2,23	7,16	2,39
	C2	2,55	2,02	2,51	7,09	2,36
	C3	2,49	2,20	2,60	7,29	2,43
Biji karet (B4)	C1	2,03	2,58	2,52	7,13	2,38
	C2	2,54	2,22	2,05	6,81	2,27
	C3	2,56	2,24	2,29	7,09	2,36
TOTAL		30,89	29,10	29,21	89,19	2,48
Rata-rata		2,57	2,42	2,43		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	0,17	0,08	1,82	3,44	5,72	ns
Perlakuan	11	1,14	0,10	2,26	2,26	3,18	ns
Biochar	3	0,99	0,33	7,15	3,05	4,82	**
Cekaman	2	0,07	0,04	0,79	3,44	5,72	ns
Biochar x Cekaman	6	0,08	0,01	0,30	2,55	3,76	ns
Eror	22	1,01	0,05				
Total	35	2,33					

Keterangan : ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 10. Berat Volume Tanah (g/cm³)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	1,19	0,98	1,06	3,24	1,08
	C2	1,12	1,04	1,00	3,17	1,06
	C3	1,11	1,16	1,08	3,35	1,12
Kopi (B2)	C1	1,07	1,09	1,05	3,21	1,07
	C2	1,05	1,05	0,95	3,05	1,02
	C3	1,20	1,29	1,05	3,53	1,18
Baggase (B3)	C1	1,07	1,09	1,02	3,18	1,06
	C2	0,98	1,14	0,97	3,10	1,03
	C3	1,00	1,04	0,95	2,99	1,00
Biji karet (B4)	C1	0,95	0,90	0,96	2,81	0,94
	C2	1,11	1,07	1,01	3,19	1,06
	C3	1,07	1,08	1,08	3,23	1,08
TOTAL		12,92	12,93	12,18	38,03	1,06
Rata-rata		1,08	1,08	1,01		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	0,03	0,02	4,86	3,44	5,72	**
Perlakuan	11	0,12	0,01	3,38	2,26	3,18	**
Biochar	3	0,03	0,01	3,23	3,05	4,82	*
Cekaman	2	0,02	0,01	3,38	3,44	5,72	ns
Biochar x Cekaman	6	0,07	0,01	3,45	2,55	3,76	*
Eror	22	0,07	0,00				
Total	35	0,22					

Keterangan : ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 11. Porositas (%)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	42,67	62,76	48,06	153,49	51,16
	C2	47,50	58,76	59,89	166,15	55,38
	C3	51,62	57,19	58,52	167,33	55,78
Kopi (B2)	C1	55,74	53,62	58,56	167,91	55,97
	C2	59,08	59,20	64,58	182,86	60,95
	C3	54,12	48,57	64,67	167,36	55,79
Baggase (B3)	C1	55,40	56,89	54,09	166,38	55,46
	C2	61,40	43,57	61,23	166,20	55,40
	C3	53,58	52,80	68,42	174,80	58,27
Biji karet (B4)	C1	53,11	65,11	62,04	180,27	60,09
	C2	56,44	51,67	63,42	171,53	57,18
	C3	58,20	51,79	64,93	174,91	58,30
TOTAL		648,86	661,93	728,40	2039,19	56,64
Rata-rata		54,07	55,16	60,70		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	303,21	151,60	4,16	3,44	5,72	*
Perlakuan	11	217,89	19,81	0,54	2,26	3,18	ns
Biochar	3	98,04	32,68	0,90	3,05	4,82	ns
Cekaman	2	17,29	8,65	0,24	3,44	5,72	ns
Biochar x Cekaman	6	102,56	17,09	0,47	2,55	3,76	ns
Error	22	801,81	36,45				
Total	35	1322,90					

Keterangan : ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 12. Tinggi Tanaman (cm)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	28,50	27,30	24,50	80,30	26,77
	C2	29,90	27,50	23,00	80,40	26,80
	C3	27,30	26,00	28,10	81,40	27,13
Kopi (B2)	C1	25,30	28,90	23,00	77,20	25,73
	C2	24,60	26,60	28,50	79,70	26,57
	C3	27,30	23,30	10,50	61,10	20,37
Baggase (B3)	C1	25,50	25,00	26,60	77,10	25,70
	C2	28,90	26,50	28,60	84,00	28,00
	C3	30,50	29,80	29,50	89,80	29,93
Biji karet (B4)	C1	25,60	23,00	25,00	73,60	24,53
	C2	22,50	24,10	26,60	73,20	24,40
	C3	23,90	26,10	23,00	73,00	24,33
TOTAL		319,80	314,10	296,90	930,80	25,86
Rata-rata		26,65	26,18	24,74		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	23,69	11,84	1,22	3,44	5,72	ns
Perlakuan	11	184,32	16,76	1,73	2,26	3,18	ns
Biochar	3	89,12	29,71	3,06	3,05	4,82	*
Cekaman	2	6,53	3,27	0,34	3,44	5,72	ns
Biochar x Cekaman	6	88,66	14,78	1,52	2,55	3,76	ns
Error	22	213,47	9,70				
Total	35	421,47					

Keterangan: ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 13. Jumlah Daun (helaian)

Biochar	Cekama n	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	16	18	16	50	16,67
	C2	15	19	18	52	17,33
	C3	20	20	19	59	19,67
Kopi (B2)	C1	12	16	15	43	14,33
	C2	19	17	16	52	17,33
	C3	19	18	11	48	16,00
Baggase (B3)	C1	18	17	14	49	16,33
	C2	17	19	15	51	17,00
	C3	20	22	18	60	20,00
Biji karet (B4)	C1	16	19	16	51	17,00
	C2	13	21	19	53	17,67
	C3	16	18	20	54	18,00
TOTAL		201	224	197	622	17,28
Rata-rata		16,75	18,67	16,42		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	35,39	17,69	3,84	3,44	5,72	*
Perlakuan	11	76,56	6,96	1,51	2,26	3,18	ns
Biochar	3	23,67	7,89	1,71	3,05	4,82	ns
Cekaman	2	32,72	16,36	3,55	3,44	5,72	*
Biochar x Cekaman	6	20,17	3,36	0,73	2,55	3,76	ns
Eror	22	101,28	4,60				
Total	35	213,22					

Keterangan: ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 14. Panjang Daun (cm)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	11,93	11,43	9,40	32,76	10,92
	C2	11,87	11,67	10,03	33,57	11,19
	C3	11,00	10,10	12,37	33,47	11,16
Kopi (B2)	C1	10,10	10,83	10,10	31,03	10,34
	C2	11,20	11,63	11,13	33,96	11,32
	C3	11,47	9,90	5,73	27,10	9,03
Baggase (B3)	C1	10,23	10,50	11,23	31,97	10,66
	C2	11,87	12,03	11,57	35,47	11,82
	C3	12,90	12,43	12,20	37,53	12,51
Biji karet (B4)	C1	10,47	10,37	10,53	31,37	10,46
	C2	8,70	10,50	10,47	29,67	9,89
	C3	11,30	11,37	9,70	32,37	10,79
TOTAL		133,04	132,77	124,46	390,27	10,84
Rata-rata		11,09	11,06	10,37		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	3,96	1,98	1,60	3,44	5,72	ns
Perlakuan	11	26,45	2,40	1,95	2,26	3,18	ns
Biochar	3	11,89	3,96	3,21	3,05	4,82	*
Cekaman	2	1,30	0,65	0,53	3,44	5,72	ns
Biochar x Cekaman	6	13,26	2,21	1,79	2,55	3,76	ns
Eror	22	27,15	1,23				
Total	35	57,56					

Keterangan: ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 15. Lebar Daun (cm)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	7,37	6,97	6,03	20,37	6,79
	C2	8,03	7,77	6,40	22,20	7,40
	C3	7,87	7,73	8,40	24,00	8,00
Kopi (B2)	C1	6,87	6,53	6,47	19,87	6,62
	C2	8,20	6,47	7,47	22,14	7,38
	C3	7,10	6,63	3,30	17,03	5,68
Baggase (B3)	C1	7,20	6,50	7,10	20,80	6,93
	C2	7,67	7,23	7,73	22,64	7,55
	C3	8,70	8,27	9,07	26,03	8,68
Biji karet (B4)	C1	6,47	6,33	6,63	19,43	6,48
	C2	6,43	6,60	6,93	19,97	6,66
	C3	7,80	7,53	7,87	23,20	7,73
TOTAL		89,71	84,57	83,40	257,68	7,16
Rata-rata		7,48	7,05	6,95		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	1,88	0,94	1,72	3,44	5,72	ns
Perlakuan	11	20,96	1,91	3,48	2,26	3,18	*
Biochar	3	6,93	2,31	4,23	3,05	4,82	*
Cekaman	2	4,14	2,07	3,78	3,44	5,72	*
Biochar x Cekaman	6	9,89	1,65	3,01	2,55	3,76	*
Erör	22	12,03	0,55				
Total	35	34,87					

Keterangan: ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 16. Panjang Akar (cm/cm³)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	13,54	13,38	9,90	36,82	12,27
	C2	18,57	15,71	15,87	50,15	16,72
	C3	14,49	16,01	16,89	47,38	15,79
Kopi (B2)	C1	11,49	15,85	14,00	41,34	13,78
	C2	15,09	16,79	13,29	45,17	15,06
	C3	12,62	12,00	4,59	29,21	9,74
Baggase (B3)	C1	14,81	14,28	12,11	41,20	13,73
	C2	16,89	17,81	13,84	48,54	16,18
	C3	20,44	20,02	12,55	53,01	17,67
Biji karet (B4)	C1	16,70	13,79	13,63	44,13	14,71
	C2	5,47	15,78	12,32	33,57	11,19
	C3	10,13	15,13	12,87	38,13	12,71
TOTAL		170,24	186,55	151,86	508,65	14,13
Rata-rata		14,19	15,55	12,65		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	50,22	25,11	3,74	3,44	5,72	*
Perlakuan	11	183,31	16,66	2,48	2,26	3,18	*
Biochar	3	61,57	20,52	3,06	3,05	4,82	*
Cekaman	2	8,51	4,26	0,63	3,44	5,72	ns
Biochar x Cekaman	6	113,23	18,87	2,81	2,55	3,76	*
Eror	22	147,69	6,71				
Total	35	381,21					

Keterangan: ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 17. Berat Basah Brangkasan (g)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	65,10	64,24	50,24	179,58	59,86
	C2	81,22	67,80	61,28	210,30	70,10
	C3	89,01	76,53	93,70	259,24	86,41
Kopi (B2)	C1	50,39	41,13	54,56	146,08	48,69
	C2	88,46	66,74	59,83	215,03	71,68
	C3	83,38	47,55	10,62	141,55	47,18
Baggase (B3)	C1	59,90	63,84	51,47	175,21	58,40
	C2	72,11	85,14	66,26	223,51	74,50
	C3	109,14	105,47	51,20	265,81	88,60
Biji karet (B4)	C1	57,21	60,09	68,96	186,26	62,09
	C2	37,52	79,76	69,20	186,48	62,16
	C3	64,22	83,88	50,69	198,79	66,26
TOTAL		857,66	842,17	688,01	2387,84	66,33
Rata-rata		71,47	70,18	57,33		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	1466,29	733,14	2,60	3,44	5,72	*
Perlakuan	11	5480,35	498,21	1,77	2,26	3,18	ns
Biochar	3	1869,51	623,17	2,21	3,05	4,82	ns
Cekaman	2	1517,81	758,90	2,69	3,44	5,72	ns
Biochar x Cekaman	6	2093,04	348,84	1,24	2,55	3,76	ns
Eror	22	6195,71	281,62				
Total	35	13142,35					

Keterangan: ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 18. Berat Kering Brangkas (g)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	2,95	3,15	2,30	8,40	2,80
	C2	4,19	3,37	2,73	10,29	3,43
	C3	6,89	3,61	4,51	15,01	5,00
Kopi (B2)	C1	2,41	1,83	2,52	6,76	2,25
	C2	11,07	2,99	3,11	17,17	5,72
	C3	5,24	1,51	0,28	7,03	2,34
Baggase (B3)	C1	4,14	2,69	2,18	9,01	3,00
	C2	6,04	4,26	2,90	13,20	4,40
	C3	14,05	5,22	2,31	21,58	7,19
Biji karet (B4)	C1	3,42	2,63	3,28	9,33	3,11
	C2	1,81	3,33	2,62	7,76	2,59
	C3	3,87	3,68	2,33	9,88	3,29
TOTAL		66,08	38,27	31,07	135,42	3,76
Rata-rata		5,51	3,19	2,59		

Keterangan :

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	56,97	28,49	6,85	3,44	5,72	*
Perlakuan	11	76,48	6,95	1,67	2,26	3,18	ns
Biochar	3	17,17	5,72	1,38	3,05	4,82	ns
Cekaman	2	18,01	9,01	2,17	3,44	5,72	ns
Biochar x Cekaman	6	41,31	6,88	1,66	2,55	3,76	ns
Eror	22	91,45	4,16				
Total	35	224,90					

Keterangan: ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 19. Kebutuhan Air Tanaman (ml)

Biochar	Cekaman	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
Kontrol (B1)	C1	566	516	556	1638	546,00
	C2	876	876	551	2303	767,67
	C3	896	791	996	2683	894,33
Kopi (B2)	C1	401	401	501	1303	434,33
	C2	846	681	686	2213	737,67
	C3	876	556	306	1738	579,33
Baggase (B3)	C1	521	461	561	1543	514,33
	C2	756	811	721	2288	762,67
	C3	1161	1076	736	2973	991,00
Biji karet (B4)	C1	526	476	516	1518	506,00
	C2	546	636	666	1848	616,00
	C3	746	731	606	2083	694,33
TOTAL		8717	8012	7402	24131	670,31
Rata-rata		726,42	667,67	616,83		

Keterangan:

C1 : Tingkat Cekaman Air 50% KL

C2 : Tingkat Cekaman Air 60% KL

C3 : Tingkat Cekaman Air 70% KL

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	Notasi
Replikasi	2	72176,39	36088,19	2,34	3,44	5,72	ns
Perlakuan	11	929524,31	84502,21	5,47	2,26	3,18	**
Biochar	3	210179,86	70059,95	4,54	3,05	4,82	*
Cekaman	2	549409,72	274704,8	6	17,80	3,44	**
Biochar x Cekaman	6	169934,72	28322,45	1,84	2,55	3,76	ns
Eror	22	339556,94	15434,41				
Total	35	1341257,6					

Keterangan: ^{ns}: berbeda tidak nyata, *: berbeda nyata, **: berbeda sangat nyata

Lampiran 20. Deskripsi Benih Sawi Pakcoy

Asal	: PT. East West Seed Indonesia
Daya Tumbuh	: 85 %
Kemurnian	: 99 %
Ketahanan Penyakit	: -
Umur Panen	: Mulai 25 HST
Potensi	: 37-40 ton/ha
Isi Bersih	: 10 g
Rekomendasi	: Beradaptasi dengan baik di dataran rendah-tinggi
Keterangan	: Ketahanan penyakit, umur panen, dan potensi hasil tergantung pada lingkungan dan perlakuan budidaya



