

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL *BIOCHAR* KAYU KARET  
TERHADAP EFEKTIVITAS PENGGUNAAN PUPUK UREA  
PADA BUDIDAYA TANAMAN SAWI PAKCOY  
(*Brassica chinensis L.*)**

(Skripsi)

Oleh

**NYOMAN ARIF MUDITA**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## **ABSTRACT**

### ***THE EFFECT OF RUBBER WOOD BIOCHAR PARTICLE SIZE ON THE EFFECTIVENESS OF UREA FERTILIZER USE IN PAKCOY (Brassica chinensis L.)***

***By***

**NYOMAN ARIF MUDITA**

*Differences in the application of rubber wood biochar with different particle size variations affect its effectiveness in improving and fertilizing the soil. The aim of this study was to observe the effect of a combination of particle size variations of rubber wood biochar with doses of Urea fertilizer on the growth of mustard greens. This study aims to (1) determine the effect of biochar particle size on the growth and production of mustard greens (Brassica chinensis L.). (2) Knowing the proper dosage of urea fertilizer to be used on various sizes of biochar particles on the growth and production of mustard greens (Brassica chinensis L.). (3) Knowing the effect of the interaction between biochar and urea fertilizer on the growth and production of mustard greens (Brassica chinensis L.)*

*This study was designed using a factorial completely randomized design (CRD) consisting of 2 factors, namely the particle size factor of rubber wood biochar and the dose factor of urea fertilizer, each consisting of 4 levels with 3 replications so that 48 experimental samples were obtained. With the observation variables covering soil characteristics consisting of soil chemical properties, namely soil pH, biochar characteristics consisting of ash content (%), moisture content (%), and pH, plant growth consisting of plant height (cm), leaf width (cm), number of leaves (strands), canopy area (cm<sup>2</sup>), leaf color, water consumption (g), fresh plant weight (g), fresh top stover weight (g), fresh bottom stover weight (g), top*

*stover weight dry (g), dry bottom stover weight (g), water productivity (g/ml), and fertilizer productivity (g/g).*

*The application of different biochar particle sizes showed a significant effect on several observation parameters such as leaf color, fresh weight, fresh top stover weight, and water productivity. While the dose of urea fertilizer only showed a significant effect on several observational variables such as plant height, leaf color, fresh weight, fresh top stover weight, water productivity, and canopy area. The interaction with the particle size factor of rubber wood biochar with the most optimal dose of Urea fertilizer is the particle size of 5 mm biochar at a dose of 10 tons/ha or 62 g/plant with a dose of Urea fertilizer 160 kg/ha or 1 g/plant with an average weight Pakcoy plants produced were 44.87 g/plant.*

*Keywords: Biochar, rubber wood, particle size, pakcoy, Urea.*

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH UKURAN PARTIKEL *BIOCHAR* KAYU KARET TERHADAP EFEKTIVITAS PENGGUNAAN PUPUK UREA PADA BUDIDAYA TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica chinensis L.*)**

**Oleh**

**NYOMAN ARIF MUDITA**

Perbedaan dalam pemberian *biochar* kayu karet dengan variasi ukuran partikel berbeda mempengaruhi efektivitasnya dalam memperbaiki dan menyuburkan tanah. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengamati pengaruh kombinasi variasi ukuran partikel *biochar* kayu karet dengan dosis pupuk Urea terhadap pertumbuhan tanaman sawi pakcoy. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengetahui pengaruh ukuran partikel *biochar* terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*). (2) Mengetahui pemberian dosis pupuk urea yang tepat untuk digunakan pada berbagai ukuran partikel *biochar* terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*). (3) Mengetahui pengaruh interaksi antara *biochar* dan pupuk urea terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*)

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari 2 faktor yaitu faktor ukuran partikel biochar kayu karet dan faktor dosis pupuk urea, masing-masing terdiri dari 4 taraf dengan 3 kali ulangan sehingga diperoleh 48 sampel percobaan. Dengan variabel pengamatan meliputi karakteristik tanah yang terdiri dari sifat kimia tanah yaitu pH tanah, karakteristik *biochar* yang terdiri dari kadar abu (%), kadar air (%), dan pH, pertumbuhan tanaman yang terdiri dari tinggi tanaman (cm), lebar daun (cm), jumlah daun (helai), luas kanopi ( $\text{cm}^2$ ), warna daun, konsumsi air (g), bobot segar tanaman (g), bobot brangkasan atas segar (g), bobot brangkasan bawah segar (g), bobot brangkasan atas kering (g), bobot brangkasan bawah kering (g), produktivitas air (g/ml), dan produktivitas pupuk (g/g).

Pemberian ukuran partikel *biochar* yang berbeda menunjukkan pengaruh nyata terhadap beberapa parameter pengamatan seperti warna daun, bobot segar, bobot brangkasan atas segar, dan produktivitas air. Sedangkan dosis pupuk urea hanya menunjukkan pengaruh nyata di beberapa variabel pengamatan seperti tinggi tanaman, warna daun, bobot segar, bobot brangkasan atas segar, produktivitas air, dan luas kanopi. Interaksi terhadap faktor ukuran partikel *biochar* kayu karet dengan dosis pupuk Urea yang paling optimal adalah ukuran partikel *biochar* 5 mm dengan dosis 10 ton/ha atau 62 g/tanaman dengan dosis pupuk Urea 160 kg/ha atau 1 g/tanaman dengan rata-rata berat tanaman pakcoy yang dihasilkan adalah 44.87 g/tanaman.

**Kata Kunci:** *Biochar*, kayu karet, ukuran partikel, pakcoy, Urea.

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL *BIOCHAR* KAYU KARET  
TERHADAP EFEKTIVITAS PENGGUNAAN PUPUK UREA  
PADA BUDIDAYA TANAMAN SAWI PAKCOY  
(*Brassica chinensis L.*)**

Oleh  
**Nyoman Arif Mudita**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

pada

Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2022**

Judul : **PENGARUH UKURAN PARTIKEL *BIOCHAR*  
KAYU KARET TERHADAP EFEKTIVITAS  
PENGUNAAN PUPUK UREA PADA BUDIDAYA  
TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica chinensis L.*)**

Nama Mahasiswa : **Nyoman Arif Mudita**

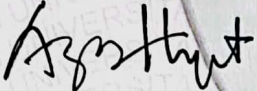
NPM : **1714071025**


Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

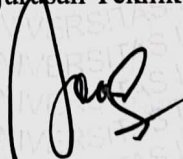


1. **Komisi Pembimbing**

  
**Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**  
NIP. 19650527 199303 1 002

  
**Ir. Sri Waluyo, STP., M.Si., Ph.D., IPU.**  
NIP. 19720311 1997031 1 002

2. **Ketua jurusan Teknik Pertanian**

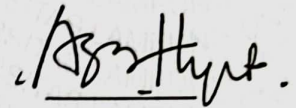
  
**Dr. Ir. Sandi Asmara, M. Si.**  
NIP. 19621010 198902 1 002



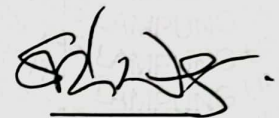
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

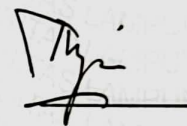
**Ketua : Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



**Sekretaris : Ir. Sri Waluyo, STP., M.Si., Ph.D., IPU.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
19611020 1986031002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 29 November 2022**



## PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya adalah **Nyoman Arif Mudita NPM 1714071025**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh komisi Pembimbing, **1) Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.** dan **2) Ir. Sri Waluyo, STP., M.Si., Ph.D., IPU.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya peroleh. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat dari karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 06 Desember 2022

Yang menyatakan,



Nyoman Arif Mudita

NPM. 1714071025

## RIWAYAT HIDUP



Penulis ini dilahirkan di Truka Jaya, Sekampung Udik, Lampung Timur pada tanggal 16 Mei 1998, sebagai anak ketujuh dari pasangan Bapak Komang Kaji dan Ibu Ketut Rupa. Penulis menempuh Sekolah Dasar di SDN 1 Sidorejo pada tahun 2004 sampai dengan tahun 2010. Penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama di SMP YPS Sidorejo pada tahun 2014. Penulis terus melanjutkan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2014 di SMAS YPS Sidorejo sampai tahun 2017. Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2017.

Penulis juga aktif pada organisasi tingkat jurusan yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) dari tahun 2017 sampai 2020. Penulis pernah menjadi pengurus di Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Universitas Lampung dan menjadi anggota bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) periode 2018/2020. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi diluar jurusan yaitu Unit Kegiatan Mahasiswa Hindu (UKM Hindu) Universitas Lampung dan menjadi Ketua Bidang Organisasi dan Kaderisasi (ORKAD) pada periode 2018/2019 dan pernah menjadi ketua pelaksana dalam kegiatan Proses Penerimaan Anggota Baru (PPAB), Latihan Kepemimpinan Manajemen Mahasiswa Hindu (LKMMH), dan Mahasabha UKM Hindu unila.

## SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas segala berkat dan rahmat yang diberikan kepada kami sehingga kami senantiasa mendapatkan nikmat sehat sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“PENGARUH UKURAN PARTIKEL *BIOCHAR* KAYU KARET TERHADAP EFEKTIVITAS PENGGUNAAN PUPUK UREA PADA BUDIDAYA TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica chinensis L.*)”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis sangat memahami dalam menyusun laporan ini banyak rintangan dan tantangan, suka duka dalam pembelajaran yang didapat. Berkat ketulusan doa, semangat, motivasi dan dukungan orang tua serta berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P., selaku pembimbing pertama yang telah membimbing secara jelas mengenai pembuatan skripsi serta memberikan motivasi dalam pembuatan skripsi ini.

4. Bapak Ir. Sri Waluyo, STP., M.Si., Ph.D., IPU, selaku pembimbing kedua dan pembimbing akademik yang telah membimbing secara jelas mengenai pembuatan skripsi serta memberikan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan bimbingan serta saran sebagai perbaikan secara jelas dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Komang Kaji dan Ibu Ketut Rupa selaku Orang Tua terimakasih atas do'a, motivasi, dan dukungan serta menunjang seluruh kegiatan yang dilakukan selama masa perkuliahan.
7. Team penelitian *biochar*: Agata, Dhea, Erine, Nur, Dandy, Riri dan Daffa yang telah memberikan bantuan, dukungan serta semangatnya.
8. Keluarga besar kontrakan resistor: Andika, Dito, Haidar, Krisna dan Angga yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta semangatnya dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Keluarga besar Teknik Pertanian Universitas Lampung, terkhusus Angkatan 2017 atas segala bantuan, dukungan, semangat dan motivasi.

Akhir kata penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, 06 Desember 2022

**Nyoman Arif Mudita**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Hipotesis.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Budidaya Sawi Pakcoy ( <i>Brassica chinensis L.</i> ) .....	5
2.1.1. Syarat tumbuh tanaman sawi pakcoy .....	6
2.1.2. Kandungan dan manfaat sawi sendok/pakcoy.....	7
2.2. <i>Biochar</i> .....	7
2.3. Pembenahan Tanah Menggunakan <i>Biochar</i> .....	10
2.3.1. Peranan <i>biochar</i> dalam membenahi tanah.....	12
2.3.3. Faktor yang mempengaruhi efektivitas <i>biochar</i> .....	14
2.4. Limbah Kayu Karet.....	16
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	19
3.2 Alat dan Bahani .....	19
3.3 Rancangan Percobaan .....	19
3.4 Prosedur Penelitian .....	22
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	23
3.5.1. Pembuatan <i>Biochar</i> .....	23
3.5.2. Persiapan Media Tanam .....	23
3.5.3. Penyemaian.....	23
3.5.4. Pengukuran Kapasitas Lapang Media Tanam .....	23
3.5.5. Pemupukan .....	24
3.5.6. Penanaman.....	24
3.5.7. Pemeliharaan Tanaman .....	24
3.5.8. Pemanenan.....	25
3.6 Variabel Pengamatan .....	25
3.6.1. Parameter <i>Biochar</i> .....	25

3.6.2. Parameter Tanah .....	25
3.6.3. Parameter Pertumbuhan .....	26
3.7 Analisa Data .....	28
3.7.1. Analisis Sidik Ragam .....	29
3.7.2. Perhitungan dan Pengukuran .....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Analisis Tanah .....	31
4.1.1 pH Tanah .....	32
4.1.2 Susut Ketebalan Tanah .....	34
4.2. Analisa <i>Biochar</i> .....	36
4.3. Pengamatan Tanaman .....	38
4.3.1. Tinggi Tanaman Pakcoy .....	38
4.3.1. Lebar Daun .....	40
4.3.2. Jumlah Daun Tanaman Pakcoy .....	42
4.3.3. Luas Kanopi Tanaman Pakcoy .....	43
4.3.4. Warna Daun Tanaman Pakcoy .....	45
4.3.5. Konsumsi Air Tanaman Pakcoy .....	48
4.3.6. Bobot Segar Tanaman Pakcoy .....	49
4.3.7. Bobot Brangkasan Bawah Segar Tanaman Pakcoy .....	54
4.3.8. Bobot Brangkasan Atas Kering Tanaman Pakcoy .....	55
4.3.9. Bobot Brangkasan Bawah Kering Tanaman Pakcoy .....	56
4.3.10. Produktivitas Air .....	58
4.3.11. Produktivitas Pupuk .....	59
4.4. Ringkasan Hasil Uji BNT dari Setiap Variabel Pengamatan .....	61
<b>V. KESIMPULAN.....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Kombinasi Perlakuan.....	20
2. Tata Letak Percobaan.....	21
3. Sifat kimia tanah yang digunakan dalam penelitian .....	31
4. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap pH tanah .....	33
5. Uji BNT Ukuran Partikel Biochar terhadap pH tanah .....	34
6. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan pupuk urea terhadap susut ketebalan tanah .....	35
7. Uji BNT Interaksi ukuran partikel biochar dan dosis pupuk urea terhadap susut ketebalan tanah .....	36
8. Hasil Uji Karakteristik <i>Biochar</i> Kayu Karet .....	37
9. Uji Anova pengaruh ukuran partikel biochar dan dosis pupuk urea terhadap tinggi tanaman pada 35 HST .....	39
10. Uji BNT pengaruh dosis pupuk urea terhadap tinggi tanaman .....	40
11. Uji Anova pengaruh ukuran partikel biochar dan dosis pupuk urea terhadap lebar tanaman pada 35 HST .....	41
12. Uji Anova pengaruh ukuran partikel biochar dan dosis pupuk urea terhadap jumlah daun tanaman pada 35 HST.....	43
13. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan pupuk urea terhadap luas kanopi tanaman pakcoy pada 35 HST .....	44
14. Uji BNT pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan pupuk urea terhadap luas kanopi tanaman pakcoy pada 35 HST .....	45
15. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap warna daun tanaman pakcoy pada 35 HST.....	46
16. Uji BNT pengaruh ukuran partikel biochar dan dosis pupuk urea terhadap warna daun .....	47



17. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap konsumsi air tanaman pakcoy .....	49
18. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap bobot segar tanaman pakcoy .....	50
19. Uji BNT pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap bobot segar .....	51
20. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap bobot brangkasan atas segar tanaman pakcoy.....	52
21. Uji BNT pengaruh ukuran partikel dan dosis pupuk urea terhadap bobot berangkasan atas .....	53
22. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap bobot brangkasan bawah segar tanaman pakcoy.....	54
23. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap bobot brangkasan atas kering tanaman pakcoy .....	56
24. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap bobot brangkasan bawah kering tanaman pakcoy.....	57
25. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap produktivitas air tanaman pakcoy.....	58
26. Uji BNT pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap produktivitas air.....	59
27. Uji Anova pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap produktivitas pupuk tanaman pakcoy .....	60
28. Uji BNT interaksi antara pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea terhadap produktivitas pupuk.....	60
29. Interaksi pengaruh ukuran partikel <i>biochar</i> dan dosis pupuk urea pada setiap perlakuan.....	62
30. Perlakuan <i>biochar</i> yang memberikan pengaruh nyata pada variabel tanah, pertumbuhan tanaman, dan pascapanen tanaman pakcoy .....	62
31. Perlakuan dosis pupuk yang memberikan pengaruh nyata pada variabel pertumbuhan tanaman, dan pascapanen tanaman pakcoy .....	63
32. Data penggunaan air tanaman pakcoy (ml/minggu).....	70
33. Data tinggi tanaman pakcoy (cm / 4 hari) .....	71
34. Data lebar daun (cm / 4 hari).....	72
35. Data jumlah daun (helai / 4 hari).....	73

36. Data Luas Kanopi (cm <sup>2</sup> / 4 hari).....	74
37. Data warna daun (nilai a / 4 hari) .....	75
38. Data hasil panen (g).....	76
39. Data produktivitas air dan pupuk tanaman .....	77

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Sawi Pakcoy .....	6
2. <i>Biochar</i> .....	9
3. Jenis-jenis Tanah .....	11
4. Alat Saringan .....	16
5. Kayu karet .....	17
6. Diagram Alir Penelitian .....	21
7. pH tanah pada setiap perlakuan .....	32
8. Penyusutan ketebalan tanah pada setiap perlakuan .....	34
9. Perkembangan tinggi tanaman .....	38
10. Perkembangan lebar daun .....	40
11. Perkembangan jumlah daun tanaman pakcoy .....	42
12. Perkembangan luas kanopi tanaman pakcoy pada berbagai perlakuan .....	44
13. Perkembangan warna hijau daun tanaman pakcoy .....	46
14. Perkembangan konsumsi air tanaman pakcoy .....	48
15. Bobot segar tanaman pakcoy .....	49
16. Bobot brangkasan atas segar .....	52
17. Bobot brangkasan bawah segar tanaman pakcoy .....	54
18. Bobot brangkasan atas kering tanaman pakcoy .....	55
19. Bobot brangkasan bawah kering tanaman pakcoy .....	57
20. Penjemuran tanah.....	78
21. Pengayakan Tanah .....	78
22. Pengukuran field capacity .....	79
23. Kayu Karet .....	79
24. Biochar Ukuran 1 mm.....	80
25. Biochar ukuran 5 mm .....	80
26. Biochar Ukuran 10 mm .....	81
27. Pengukuran berat biochar .....	81
28. Proses pencampuran biochar dan tanah .....	82
29. Pengukuran kebutuhan air tanaman .....	82
30. Penyemaian tanaman pakcoy .....	83
31. Pindah tanamn .....	83
32. Pemberian pupuk urea .....	84
33. Tanaman pakcoy umur 3 minggu .....	84
34. Hasil panen tanaman pakcoy pada perlakuan B1 .....	85
35. Hasil panen tanaman pakcoy pada perlakuan B2 .....	85
36. Hasil panen tanaman pakcoy pada perlakuan B3 .....	86
37. Hasil panen tanaman pakcoy pada perlakuan B4 .....	86
38. Proses penimbangan berat total segar .....	87

39. Proses pengovenan hasil panen .....	87
40. Pengukuran berat brangkasan atas setelah dioven.....	88
41. Pengukuran berat brangkasan bawah setelah dioven .....	88
42. Pengukuran pH tanah setelah panen .....	89
43. Pengukuran pH pada biochar .....	89
44. Penimbangan biochar sebelum dilakukan pengovenan .....	90
45. Pengovenan biochar pada suhu 107°C .....	90
46. Biochar yang sudah melalui proses penanuran .....	91

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan komponen lapisan yang terdapat pada permukaan bumi yang berfungsi sebagai media tumbuh dan berkembangnya suatu tumbuhan. Lampung merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia yang memiliki potensi di bidang pertanian. Jenis tanah yang mendominasi Provinsi Lampung adalah jenis tanah latosol. Tanah latosol ini merupakan tanah yang terbentuk dari batu api yang mengalami proses pelapukan lebih lanjut. Tanah ini memiliki ciri-ciri bersifat cenderung asam, memiliki kandungan organik yang rendah memiliki warna merah hingga kuning, dan memiliki tekstur lempung.

Tanah latosol memiliki tingkat degradasi yang cukup tinggi sehingga membuat tanah ini memiliki tingkat kesuburan yang rendah. Degradasi atau sering juga disebut sebagai penurunan kualitas lahan. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya adalah faktor yang disebabkan oleh manusia dikarenakan kurangnya pengetahuan tentang pengolahan lahan yang tepat contohnya penggunaan pupuk dan pestisida kimia secara berlebihan. Maka diperlukannya penambahan bahan organik seperti pupuk kandang, pupuk kompos, atau *biochar* untuk mempercepat proses pemulihan kualitas tanah (Kurnia et al. 2005). Menurut penelitian dari Rondon dan Lehman pada tahun 2007, *biochar* atau arang hayati merupakan salah satu alternatif bagi konsep pengolahan lahan-lahan kritis. Penggunaan *biochar* sudah banyak dilakukan oleh sebagian besar petani di pedesaan dengan cara tradisional. Dari penelitian yang dihasilkan menunjukkan bahwa *biochar* memiliki potensi untuk mengembalikan kesuburan lahan-lahan kritis akibat degradasi tanah yang terjadi karena penggunaan pupuk kimia yang berlebihan.

*Biochar* adalah arang yang akan diberikan ke sistem tanah dan tanaman sebagai bahan untuk memperbaiki tanah. Proses pembuatan *biochar* ini hampir sama dengan pembuatan arang yang pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar. *Biochar* ini dihasilkan dari proses pirolisis atau pembakaran bahan organik menggunakan metode dengan kondisi oksigen yang terbatas. Berbeda dengan bahan organik lainnya, *biochar* tersusun dari cincin karbon aromatis sehingga lebih stabil dan tahan lama di dalam tanah (Maguire dan Aglevor, 2010).

Di Indonesia, biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan *biochar* dan cenderung berlimpah salah satunya yaitu kayu karet. Pemanfaatan kayu karet sebagai bahan baku industri tidak hanya terbatas untuk kayu pertukangan atau untuk mebel saja, tetapi kayu-kayu yang berukuran lebih kecil dapat diproses menjadi *particle board*, *fibre board*, *pulp*, kertas, dan arang aktif yang dapat digunakan pada industri bahan makanan, bahan kimia, dan farmasi (Budiman, 2012)

Atas dasar fungsi *biochar* terhadap tanah dan salah satu penentu kualitas *biochar* yaitu bahan dan ukuran partikelnya, maka perlu dilakukan percobaan pemanfaatan *biochar* kayu karet dengan ukuran partikel yang berbeda, kemudian diaplikasikan dan diuji pada tanah ultisol dan tanaman sawi pakcoy.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh interaksi penggunaan *biochar* dengan ukuran partikel yang berbeda dan pupuk urea terhadap penanaman dan hasil produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*)?
2. Apakah penggunaan *biochar* dengan berbagai ukuran partikel dapat memperbaiki kualitas tanah?
3. Apakah *biochar* mampu meningkatkan efektivitas pupuk yang diberikan pada tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*)?

4. *Biochar* dengan ukuran partikel berapakah yang dapat memaksimalkan pembenahan pada tanah ultisol yang digunakan?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh ukuran partikel *biochar* terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*).
2. Mengetahui pemberian dosis pupuk urea yang tepat untuk digunakan pada berbagai ukuran partikel *biochar* terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*).
3. Mengetahui pengaruh interaksi antara *biochar* dan pupuk urea terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*)

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari pelaksanaan penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang efisiensi penggunaan pupuk urea dengan penambahan berbagai ukuran partikel *biochar* yang berbeda.
2. Memberikan pengetahuan kepada peneliti tentang pengaruh penggunaan limbah kayu pohon karet menjadi *biochar* dan manfaatnya.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat terutama petani tentang efektivitas penanaman sawi pakcoy menggunakan berbagai ukuran partikel *biochar* yang berbeda.



### **1.5 Hipotesis**

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu penggunaan ukuran partikel *biochar* dan dosis pupuk yang berbeda memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sawi pakcoy (*Brassica chinensis L.*).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Budidaya Sawi Pakcoy (*Brassica chinensis L.*)

Pakcoy (*Brassica rapa L.*) adalah tanaman jenis sayur-sayuran yang termasuk keluarga *Brassicaceae*. Tumbuhan pakcoy berasal dari China dan telah dibudidayakan setelah abad ke-5 secara luas di China Selatan dan China Pusat serta Taiwan. Sayuran ini merupakan introduksi baru di Jepang dan masih sefamili dengan *Chinesse vegetabel*. Saat ini pakcoy dikembangkan secara luas di negara-negara Asia Tenggara seperti Filipina, Malaysia, Indonesia dan Thailand.

Sawi pakcoy memiliki struktur daun yang bertangkai dan berbentuk oval dengan warna hijau tua, tidak memiliki kepala, dengan struktur tumbuh setengah tegak atau setengah mendatar. Pada tangkai daun memiliki warna putih atau hijau muda, tebal dan memiliki tinggi tanaman sekitar 15 sampai 30 cm (Surtinah, 2010).

Tanaman ini termasuk jenis sayuran hijau yang masih satu golongan dengan sawi. Pakcoy itu sendiri sering disebut dengan sawi sendok dikarenakan struktur daun yang terdapat pada tanaman ini berbentuk menyerupai sendok. Tanaman ini juga sering disebut dengan sawi manis atau sawi daging, dikarenakan pangkal daunnya memiliki struktur yang lembut dan tebal seperti daging. Sawi pakcoy ini sering digunakan untuk bahan sup atau penghias makanan yang berasal dari negara China (Alviani, 2015).



Gambar 1. Sawi Pakcoy

### **2.1.1. Syarat tumbuh tanaman sawi pakcoy**

Sawi pakcoy merupakan tanaman yang tergolong dapat ditanam pada musim apapun dan dimanapun, baik dimusim penghujan ataupun musim kemarau dan dapat ditanam baik pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Keuntungan tanaman ini juga dapat dibudidayakan sepanjang tahun. Pada budidaya tanaman pakcoy ini dilakukan di lingkungan yang memiliki dataran tinggi pada umumnya tanaman ini akan cepat berbunga dikarenakan dalam pertumbuhan tanaman sangat cocok dengan iklim yang sejuk dan lembab, namun tanaman ini akan tumbuh dengan dengan lambat jika dibudidayakan pada air yang menggenang. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tanaman ini sangat cocok jika ditanam pada musim akhir penghujan (Haryanto, 2006). Beberapa kondisi ekologis yang perlu dipenuhi pada tanaman pakcoy adalah sebagai berikut :

#### **1. Keadaan iklim**

Sawi pakcoy merupakan tanaman yang berasal dari negara China, namun dikarenakan Indonesia memiliki kecocokan pada iklim, cuaca, dan tanahnya sehingga tanaman ini mudah dikembangkan di Indonesia. Daerah yang cocok digunakan untuk budidaya tanaman pakcoy ini adalah mulai dari ketinggian 5 meter sampai dengan 1.200 meter dpl. Namun, pada daerah di Indonesia tanaman ini biasanya dibudidayakan pada ketinggian 100 meter sampai dengan 500 meter dpl. Keuntungan tanaman ini adalah tanaman ini dapat tahan terhadap air hujan sehingga dapat ditanam sepanjang tahun (Rukmana, 2007).

## 2. Tanah

Tanah yang gembur yang memiliki banyak kandungan humus, subur, dan pembuangan air yang baik merupakan tanah yang sangat cocok ditanami sawi pakcoy. Kadar pH atau derajat kemasaman yang cocok untuk tanaman ini adalah tanah yang memiliki kadar pH sebesar 6 sampai 7 maka tanaman ini akan tumbuh secara optimal (Haryanto, 2007). Tanaman pakcoy dapat ditanam menggunakan benih secara langsung ataupun dengan cara dipindah dengan kerapatan yang tinggi, yaitu sekitar 20 sampai 25 tanaman/m<sup>2</sup> dengan memerlukan waktu panen selama 40 sampai 50 hari. Dengan demikian sawi pakcoy memiliki umur panen yang singkat.

### **2.1.2. Kandungan dan manfaat sawi sendok/pakcoy**

Sawi pakcoy memiliki banyak manfaat seperti menghilangkan rasa gatal di tenggorokan, sebagai obat rasa sakit kepala, bahan pembersih darah, dan memperbaiki fungsi ginjal, serta memiliki manfaat untuk memperbaiki dan memperlancar pencernaan. Sawi pakcoy ini juga memiliki banyak kandungan yang sangat bermanfaat bagi kesehatan seperti kalori, protein, lemak, karbohidrat, serat, Ca, P, Fe, Vitamin A, Vitamin B, dan Vitamin C. Tanaman pakcoy ini memiliki kadar vitamin A yang sangat tinggi sehingga dapat menjaga kesehatan mata, serta vitamin E pada tanaman ini juga berperan aktif sebagai antioksidan utama dalam sel, sehingga dapat mencegah penuaan.

## **2.2. Biochar**

*Biochar* didefinisikan sebagai arang aktif yang dipergunakan sebagai pembenah tanah dalam sistem yang berkaitan erat dengan pertumbuhan tanaman dan unsur hara dalam tanah tersebut. Dalam proses untuk pembuatan *biochar* itu sendiri pada umumnya menyerupai proses pembuatan arang yang biasanya digunakan sebagai bahan bakar. Proses pembuatan *biochar* yaitu melalui proses pirolisis atau yang biasanya disebut sebagai pembakaran bahan organik dengan menggunakan metode pembatasan oksigen. Proses pirolisis ini akan menghasilkan *biochar* yang

di dalamnya tersusun dari cicin karbon aromatis yang bersifat lebih stabil dan lebih tahan lama di dalam tanah (Maguire dan Aglevor, 2010).

*Biochar* merupakan arang hitam yang berasal dari proses pemanasan biomassa dengan kondisi di dalamnya menggunakan oksigen yang terbatas. *Biochar* adalah bahan organik yang memiliki sifat stabil yang digunakan sebagai pembenah tanah pada lahan-lahan kritis. Aplikasi *biochar* pada lahan-lahan kritis yang terdapat di Indonesia merupakan salah satu pilihan yang tepat, karena *biochar* merupakan sumber bahan organik segar yang dapat memperbaiki tanah dan meningkatkan kualitas kesuburan tanah yang terdegradasi. Penggunaan *biochar* juga semakin berkembang dengan adanya penelitian-penelitian yang dilaksanakan oleh para ilmuwan yang berfokus pada pelestarian lingkungan hidup di lahan yang kritis. Fokus Internasional pada bidang pemanfaatan *biochar* sebagai bahan organik pembenah tanah pertanian berkembang pesat setelah didapatkan hasil dari pengamatan di Amazon, Brazil (Glaser, 2001).

Penggunaan *biochar* secara terus-menerus diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang terjadi pada tanah jenis ultisol. Tanah jenis ultisol ini memiliki wilayah yang sangat luas di berbagai daerah di Indonesia dengan pemanfaatan lahan yang rendah. Maka dengan digunakannya *biochar* pada jenis tanah ini diharapkan dapat memperbaiki tanah sehingga dapat digunakan sebagai lahan yang produktif untuk masa ke depannya.

Tanah ultisol memiliki segudang masalah seperti pH tanah yang rendah, kadar bahan organik yang rendah, kandungan unsur hara N, P, dan K sangat rendah yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman menjadi tidak maksimal (Notohadiprawiro, 2006).



Gambar 2. *Biochar*

*Biochar* merupakan substansi arang yang memiliki pori-pori yang berasal dari makhluk hidup khususnya tumbuhan. Penggunaan *biochar* pada lahan-lahan kritis dapat menciptakan habitat yang baik bagi organisme seperti bakteri yang dapat membantu perombakan unsur hara agar dapat mudah diserap secara optimal oleh tanaman. *Biochar* memiliki kemampuan dalam mengatasi beberapa masalah yang terjadi dalam proses budidaya dan pengolahan tanah, contohnya seperti mudah kehilangan unsur hara dan kelembapan (Gani, 2009).

Manfaat *biochar* yang diharapkan antara lain dapat memperbaiki struktur tanah, menahan air tanah dari erosi, memperbanyak karbon organik, meningkatkan pH tanah menjadi netral, dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman menjadi lebih maksimal (Ismail et al., 2011). Penelitian yang telah dilakukan oleh Chan et al. (2007) menunjukkan bahwa penerapan *biochar* pada lapisan tanah dapat meningkatkan kadar C organik tanah, pH tanah, struktur tanah, KTK, dan kapasitas penyimpanan air tanah sehingga lahan-lahan pertanian yang kritis dapat kembali produktif dengan aplikasi *biochar* pada lapisan tanah tersebut. *Biochar* memiliki kemampuan untuk mempertahankan kelembaban yang dapat membantu pertumbuhan tanaman pada periode-periode kekeringan dan menahan nutrisi yang terdapat di dalam tanah sehingga nutrisi tersebut tidak mudah hilang dalam proses pencucian tanah yang pada akhirnya akan berpengaruh dalam peningkatan hasil panen (Lehmann et al., 2003).

Menurut Sombroek (2003), *biochar* memiliki kemampuan yang tinggi dalam memperbaiki sifat kimia, fisika, dan biologi tanah. Hasilnya menunjukkan bahwa *biochar* mampu mengurangi pencucian pupuk N secara signifikan di dalam media tanam (Steiner, 2007). Selain itu, di beberapa negara-negara di Eropa sudah mengeluarkan kebijakan untuk pengembangan *biochar* dalam skala industri yang bertujuan untuk meningkatkan simpanan karbon di dalam tanah. Pemanfaatan *biochar* sebagai bahan ameliorat tanah terhadap kepedulian mengenai pemanasan global yang disebabkan oleh emisi CO<sub>2</sub>, maka *biochar* memiliki prospek yang cukup baik untuk ke depannya.

Kualitas yang dihasilkan pada *biochar* ditentukan dari proses pembuatan dan bahan baku yang digunakan. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan *biochar* dapat berasal dari berbagai bahan yang di dalamnya mengandung lignoselulosa, seperti kayu, sisa tanaman (jerami padi, sekam padi, batang singkong, kulit kakau, tandan kosong kelapa sawit, dan limbah sagu) dan pupuk kandang (Maguire dan Aglevor, 2010).

### **2.3 Pembenhahan Tanah Menggunakan *Biochar***

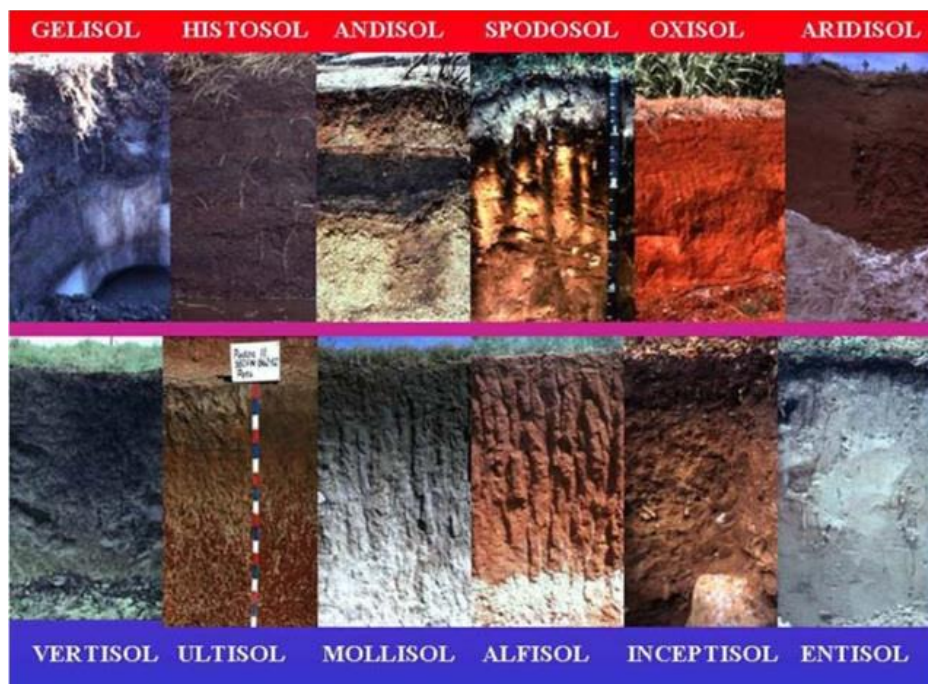
Provinsi Lampung merupakan daerah yang memiliki kekayaan alam yang melimpah dan dapat diandalkan, mulai dari sektor pariwisata, perikanan, kehutanan, perkebunan, sampai pertaniannya. Sektor pertanian di Provinsi Lampung merupakan salah satu sektor vital yang perlu dikembangkan. Pada sektor pertanian, tanah sangat berperan penting dalam proses pertumbuhan tanaman. Tanah yang dominan ada di Provinsi Lampung berjenis tanah latosol (Hanafiah, 2005).

Tanah latosol merupakan jenis tanah tua, yang terbentuk dari batu api yang mengalami proses pelapukan lebih lanjut. Tanah ini memiliki ciri bersifat asam, kandungan bahan organiknya rendah hingga sedang, memiliki warna merah hingga kuning, dan memiliki tekstur lempung sehingga jenis tanah ini memiliki tingkat kesuburan yang rendah.



Penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan secara terus-menerus oleh petani dapat mencemari lingkungan. Menurut penelitian dari Indriani (2004), pupuk kimia atau pupuk anorganik akan mengakibatkan tanah menjadi ketergantungan dan memberikan dampak yang buruk bagi tanah itu sendiri, misalnya tanah akan menjadi rusak dikarenakan penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dan terus-menerus akan merubah struktur tanah menjadi keras dan miskin unsur hara seperti tanah ultisol.

Tanah ultisol merupakan tanah yang di dalamnya hanya memiliki sedikit unsur hara terutama pada kandungan bahan organiknya. Kandungan bahan organik pada jenis tanah ini tergolong sangat rendah dan terdapat pada lapisan tanah bagian atasnya. Menurut penelitian dari Harjowigeno (2003) didapatkan kesimpulan bahwa tanah ultisol merupakan katagori tanah yang mempunyai kandungan kadar bahan organik yang sangat rendah.



Gambar 3. Jenis-jenis Tanah

Tanah ultisol pada umumnya memiliki ciri-ciri berwarna kuning kecoklatan hingga berwarna merah. Menurut Soepraptohardjo (1961), tanah ultisol termasuk dalam klasifikasi sebagai podsolik merah kuning. Tekstur yang terdapat pada jenis

tanah ultisol ini bervariasi dan dapat dipengaruhi oleh bahan induk dari tanah tersebut. Contohnya pada tanah ultisol yang bahan induknya dari granit yang kaya akan mineral kuarsa menjadikan tekstur tanah ultisol ini menjadi kasar seperti liat berpasir (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Beberapa sifat Ultisol menurut Foth, (1994) ialah:

1. Kandungan tanah liat memperlihatkan perkembangan horizon argilik.
2. Kandungan bahan organik dan semua horizon, kecuali pada horizon Al yang sangat tipis, sangat rendah.
3. Kapasitas tukar kation rendah, menyatakan kandungan bahan organik yang rendah dan adanya tanah liat berkapasitas tukar kation yang rendah sampai kaolinit.
4. Jumlah basa yang dapat dipertukarkan dan persentase kejenuhan basa sangat rendah, kecuali untuk horizon Al yang sangat tipis.

Pembenahan tanah merupakan satu-satunya solusi agar dapat mempercepat pemulihan kualitas tanah menjadi lebih baik. Penggunaan bahan pembenah organik alami sangat dianjurkan untuk mengatasi permasalahan ini seperti pupuk kandang, biomasa tanaman seperti pangkasan legum (*Flemingia*, lamtoro, kaliandra), dan bahan pembenah tanah organik alami berupa arang (*biochar/charcoal*) (Abdurachman et al, 2000).

### **2.3.1. Peranan *biochar* dalam membenahi tanah**

Bahan pembenah tanah alami seperti lateks, pupuk kandang, dan kompos hanya bertahan sementara (*temporary*). Oleh karena itu, dibutuhkan jumlah yang cukup besar agar mendapatkan hasil yang maksimal. Proses yang berlangsung dalam pembuatannya membutuhkan jumlah tenaga yang tidak sedikit dan biaya yang besar. Maka dari itu dibutuhkan bahan pembenah tanah yang sulit dikomposisi dan mampu bertahan lama di dalam tanah agar dapat menekan biaya produksi dan meminimalisir tenaga yang digunakan.

Jenis bahan yang dapat memenuhi syarat itu salah satunya adalah *biochar*. *Biochar* adalah padatan yang memiliki kandungan karbon yang banyak yang dihasilkan dari konversi biomassa yang melalui proses pirolisis. Keunggulan yang dimiliki *biochar* adalah memiliki ketahanan dari proses pelapukan lebih baik dari jenis bahan pembenah tanah lainnya, sehingga penggunaannya dapat bertahan cukup lama dalam memulihkan lahan-lahan pertanian yang terdegradasi dan penggunaan *biochar* juga merupakan salah satu tindakan membantu mengkonservasi karbon tanah (Glaser et al., 2002).

Penelitian tentang *biochar* sebagai bahan pembenah tanah sudah banyak dilakukan oleh peneliti nasional maupun internasional. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *biochar* memiliki banyak manfaat bagi lahan pertanian yang terdegradasi, khususnya kualitas lahan tersebut seperti sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Ogawa 1994). Pemanfaatan *biochar* pada lahan pertanian berfungsi untuk:

1. Meningkatkan ketersediaan hara, retensi hara, dan retensi air.
2. Sebagai habitat yang baik untuk micro organisme simbiotik.
3. Dapat meningkatkan produktivitas tanaman.
4. Pengaplikasian *biochar* pada lahan-lahan pertanian mampu mengurangi laju emisi CO<sub>2</sub>.
5. Mampu menyimpan karbon dalam waktu yang cukup lama dan dalam jumlah yang cukup besar (Ogawa et al., 2006).

Penambahan *biochar* ke dalam tanah dapat menambah ketersediaan kation utama, P, dan konsentrasi N dalam tanah, serta dapat meningkatkan KTK dan pH tanah hingga 40%. Menurut sumber dari BPTP Aceh (2011) menyatakan bahwa *biochar* mampu membantu untuk memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produksi tanaman pada kondisi lahan yang kurang subur. Kemampuan lainnya yang dimiliki oleh *biochar* adalah dapat mengikat air dan unsur hara yang terdapat di dalam tanah yang berguna untuk membantu mencegah terjadinya kehilangan pupuk yang terjadi akibat erosi permukaan (*runoff*) dan pencucian (*leaching*), sehingga dapat menghemat pada proses pemberian pupuk.

### 2.3.3. Faktor yang mempengaruhi efektivitas *biochar*

*Biochar* merupakan arang hitam yang berasal dari proses pemanasan biomassa dengan kondisi di dalamnya menggunakan oksigen yang terbatas. *Biochar* adalah bahan organik yang memiliki sifat stabil yang digunakan sebagai pembenah tanah pada lahan-lahan kritis. Kualitas yang dihasilkan oleh *biochar* sangat bergantung pada jenis bahan baku yang digunakan, metode karbonisasi, dan bentuk *biochar* (Ogawa 2006).

#### 1. Jenis *Biochar*

Penggunaan bahan baku yang berbeda akan menghasilkan karakteristik *biochar* yang berbeda tergantung dari jenis bahan yang digunakan (Shenbagavalli dan Mahimairaja, 2012). Setiap jenis bahan biomasa yang akan digunakan untuk bahan baku *biochar* memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berbeda. Jenis bahan biomassa yang masuk dalam kategori tanaman berkayu memiliki tingkat lignin yang lebih besar daripada kandungan selulosa dan hemiselulosanya. Sedangkan jenis bahan yang masuk dalam kategori tanaman rerumputan memiliki kandungan selulosa lebih besar dibanding kandungan ligninnya.

#### 2. Metode karbonisasi

Metode karbonisasi yang dimaksud merupakan tipe alat pembakaran dan temperatur suhu yang digunakan dalam pembuatan *biochar* (pirolisis). Pirolisis merupakan dekomposisi termokimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen. Pirolisis pembuatan *biochar* dibagi menjadi empat kondisi yaitu:

- a. gasifikasi (>800 °C)
- b. pirolisis cepat (600-700 °C)
- c. pirolisis menengah (500-600 °C)
- d. pirolisis lambat (<400 °C)

Proses pirolisis lambat nantinya akan menghasilkan produk dominan berupa *biochar* dan proses pirolisis dengan temperatur yang tinggi akan menurunkan produksi *biochar* namun akan meningkatkan *fixed carbon* (Tanaka, 1963).

### 3. Bentuk *biochar* atau ukuran partikelnya

Penggunaan *biochar* pada tanah dapat dipengaruhi oleh bentuk *biochar* itu sendiri. Semakin kecil partikel *biochar* yang digunakan semakin besar pula luas permukaan dari pori-pori *biochar* tersebut, sehingga tingginya berat volume suatu *biochar* menunjukkan semakin tinggi juga tingkat padatan *biochar*. Perbedaan yang bisa dilihat yaitu pada *biochar* yang memiliki padatan rendah dengan volume *biochar* yang juga rendah maka luas permukaan *biochar* tersebut akan semakin tinggi. Hal ini diakibatkan karena semakin besar jumlah ruang pori yang dimiliki *biochar* maka semakin ringan bahan tersebut, yang berarti menunjukkan semakin rendah berat volume *biochar* tersebut (Soemeinaboedhy dan Tejowulan, 2007).

Penentuan bentuk atau ukuran partikel *biochar* yang akan diaplikasikan pada lahan-lahan pertanian bisa menggunakan ayakan. Ukuran partikel yang dimaksud adalah penjelasan atau penjabaran tentang ukuran panjang, lebar, dan tinggi atau, diameter benda atau bahan apabila berbentuk bulat sempurna. Cara yang paling sederhana yang sering digunakan dalam pengukuran sebuah partikel adalah melakukan pengayakan atau penyaringan sampel yang nantinya akan diukur besaran partikelnya. Pengayakan adalah proses yang terjadi pada bahan yang nantinya akan dipisahkan berdasarkan ukuran lubang yang terdapat pada ayakan tersebut. Bahan yang memiliki ukuran lebih kecil dari lubang atau mesh yang dimiliki oleh ayakan akan melewati lubang ayakan, sedangkan bahan yang memiliki ukuran yang lebih besar dari lubang atau mesh ayakan tersebut akan tertahan pada permukaan ayakan (*screen*). Hasil yang didapatkan pada proses pengayakan atau penyaringan ada 2 yaitu ukuran partikel yang lebih besar dari ukuran lubang ayakan (*over size*) dan ukuran yang lebih kecil dari lubang ayakan (*under size*). *Screen* yang dimaksud adalah permukaan pada ayakan yang

memiliki jumlah lubang yang berukuran sama yang berbentuk bidang datar (horizontal atau miring) dan dapat juga berbentuk silinder (Fellows, 1990).



Gambar 4. Alat Saringan (mesh) dengan berbagai ukuran

#### 2.4 Limbah Kayu Karet

Tanaman karet (*Hevea basilensis*) merupakan tanaman yang menghasilkan getah karet alam yang bersal dari negara Brazil. Karet juga merupakan satu-satunya tanaman yang menghasilkan lateks yang dibudidayakan dengan cara pembukaan perkebunan karet secara besar-besaran (Budiman, 2012). Tanaman karet memiliki morfologi dengan batang pohon yang dapat tumbuh tinggi dan memiliki ukuran yang cukup besar dengan batang tanaman yang mengandung getah di dalamnya. Getah yang terkandung di dalam batang pohon dinamakan lateks. Karet juga memiliki daun yang terdiri dari tangkai daun dengan warna hijau. Panjang tangkai daun utama karet adalah sekitar 3-20 cm, sedangkan panjang tangkai anak daun adalah 3-10 cm dengan ujung tangkai yang memiliki getah. Pada umumnya ada tiga anak daun yang terdapat pada tangkai daun dengan bentuk yang eliptis, memanjang dengan ujungnya yang meruncing. Sedangkan karet memiliki akar dengan jenis akar tunggang yang mampu menopang batang tanaman yang dapat tumbuh tinggi dan besar (Anwar, 2006).

Kayu karet memiliki perbedaan pada bentuk sifat fisik yang dimulai dari batang bagian pangkal, tengah, dan ujung batang. Kadar selulosa yang terdapat pada bagian-bagian tersebut pun berbeda. Pada bagian batang karet bagian pangkal memiliki kadar selulosa yang paling tinggi yaitu sebesar 67,38%, bagian tengah batang karet memiliki kadar selulosa sebesar 59,37%, dan pada bagian ujung memiliki kadar selulosa sebesar 45,73%. Sedangkan kadar lignin yang terdapat pada kayu karet tergolong rendah dengan jumlah sebesar 20,68% dan kayu karet memiliki kadar zat ekstraktif yang cukup tinggi dengan jumlah sebesar 4,58% (Boerhendhy et al., 2001).



Gambar 5. Kayu karet

Kadar zat yang terdapat pada kayu karet sangat mempengaruhi keadaan fisik dari kayu karet tersebut. Kandungan selulosa yang cukup tinggi dan diimbangi dengan kadar lignin yang rendah merupakan keadaan yang sangat baik jika dijadikan sebagai bahan baku yang baik untuk mebel, kerajinan, papan partikel, dan juga bahan baku untuk pembuatan kertas. Hal yang mempengaruhi terbentuknya suatu struktur dan sifat kayu adalah sel. Sel merupakan komponen terkecil penyusun tanaman. Sel itu sendiri terdiri dari dua bagian yaitu rongga dan dinding sel, menurut strukturnya ukuran untuk rongga dan ketebalan dinding sel memiliki ukuran yang berbeda-beda pada setiap bagian-bagian pohon dan jenis pohon itu sendiri. Contohnya untuk struktur yang terdapat pada bagian pangkal pohon karet memiliki susunan sel yang lebih rapat dibandingkan dengan bagian tengah dan ujung batang (Boerhendhy et al., 2001). Hal ini yang membuat terjadinya perbedaan yang terjadi pada sifat fisik suatu jenis kayu. Sifat fisik kayu sangat erat kaitannya dengan sifat mekanik kayu dalam pembentukan karakteristik dan



kekuatannya berdasarkan kadar air dan berat jenis dari kayu itu sendiri, dan penyusutan pada kayu berguna untuk menentukan tingkat stabilitas kayu tersebut pada saat akan digunakan.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus sampai September 2021 di Greenhouse Laboratorium Lapangan Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah drum, penggaris, nampan, pot ukuran 3kg, kamera, alat tulis, timbangan digital, timbangan analitik, gelas ukur, sprayer, oven, sekop dan ayakan mesh. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kayu karet, *biochar* kayu karet, tanah, pupuk urea, arang sekam padi, benih sawi pakcoy dan air.

#### 3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial. Faktor pertama yaitu dosis *biochar* limbah kayu karet yang akan digunakan, terdiri dari :

1. B1 tanpa *biochar*.
2. B2 menggunakan *biochar* dengan ukuran 1 mm sebanyak 10 ton/ha atau 62 g/tanaman.
3. B3 menggunakan *biochar* dengan ukuran 5 mm sebanyak 10 ton/ha atau 62 g/tanaman.
4. B4 menggunakan *biochar* dengan ukuran 10 mm sebanyak 10 ton/ha atau 62 g/tanaman.

Faktor kedua yaitu dosis pupuk Urea yang digunakan, terdiri dari :

1. P1 tanpa menggunakan pupuk Urea.
2. P2 menggunakan pupuk Urea 160 kg/ha atau 1 g/tanaman.
3. P3 menggunakan pupuk Urea 320 kg/ha atau 2 g/tanaman.
4. P4 menggunakan pupuk Urea 480 kg/ha atau 3 g/tanaman.

Pada faktor di atas, dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga terdapat 48 sampel percobaan. Kadar air tanah yang digunakan dalam keadaan 80-100% *field capacity*.

Pengambilan dosis *biochar* ini berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Vici Islami pada tahun 2017, dengan takaran *biochar* 10 ton/ha dapat meningkatkan hasil produksi pada tanaman jagung. Pengambilan dosis pupuk dengan takaran dosis pupuk urea sebanyak 160 – 480 kg/ha memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman sawi.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan

<i>Biochar</i> (B)	Pupuk NPK (P)			
	1	2	3	4
1	B1P1	B1P2	B1P3	B1P4
2	B2P1	B2P2	B2P3	B2P4
3	B3P1	B3P2	B3P3	B3P4
4	B4P1	B4P2	B4P3	B4P4

Tabel 2. Tata Letak Percobaan

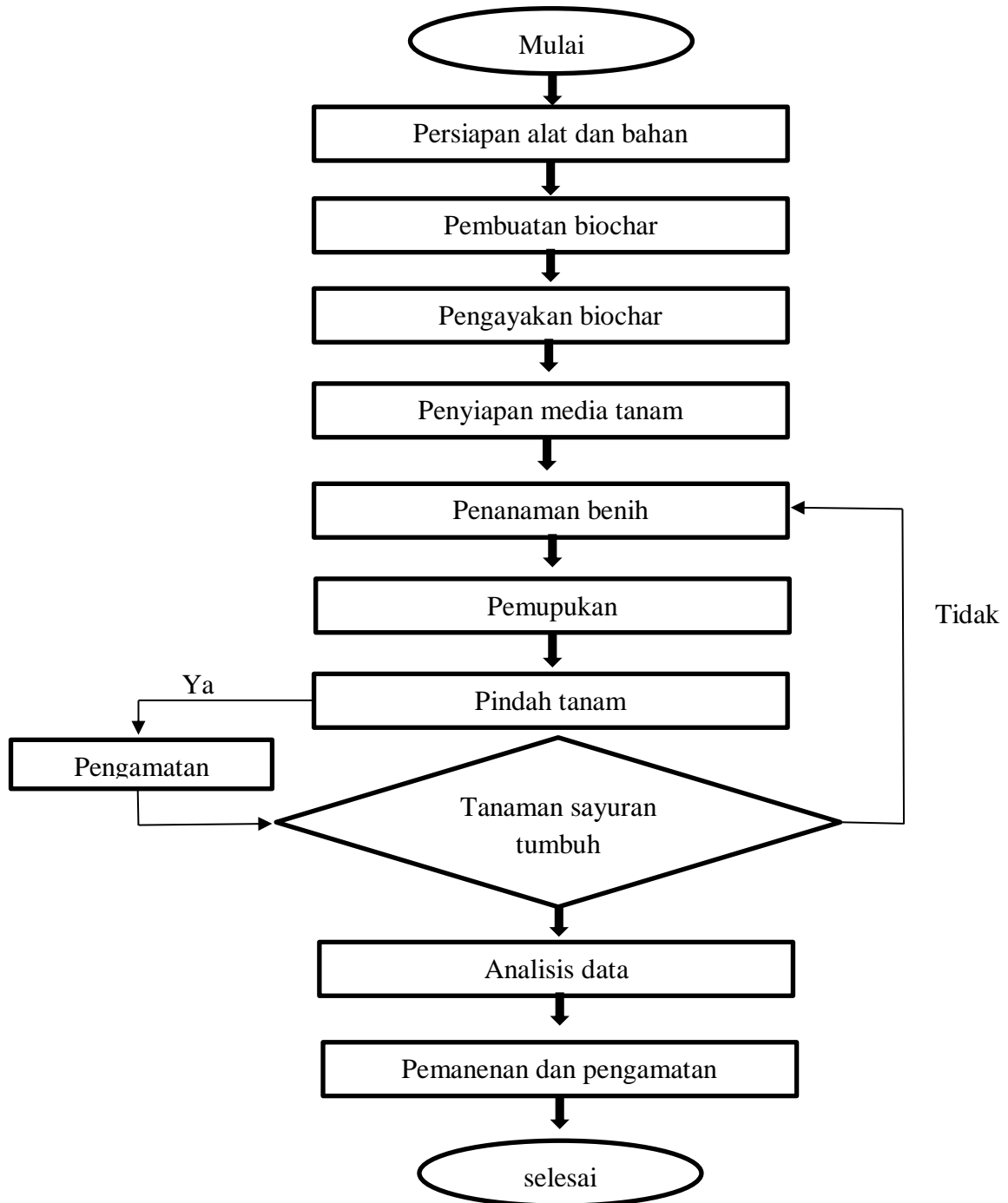
---

1.	B2P1U	B1P1U2	B1P2U1	B4P3U3
2.	B1P4U1	B2P2U1	B4P2U3	B3P4U1
3.	B4P4U3	B4P1U3	B3P2U1	B1P3U2
4.	B3P1U1	B4P2U1	B4P1U2	B4P2U2
5.	B3P1U3	B2P1U3	B3P1U2	B1P3U1
6.	B3P4U3	B1P1U1	B1P2U2	B1P4U3
7.	B3P3U2	B1P1U3	B2P2U3	B4P3U1
8.	B2P1U2	B3P2U3	B2P3U1	B3P2U2
9.	B2P3U3	B2P2U2	B1P4U2	B1P3U3
10.	B3P3U1	B3P3U3	B1P2U3	B2P4U1
11.	B3P4U2	B4P1U1	B4P4U1	B2P3U2
12.	B4P3U2	B2P4U3	B2P4U2	B4P4U2

---

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir Gambar 6, penjelasan mendetail tiap tahap diberikan di bagian selanjutnya.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

### **3.5 Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.5.1. Pembuatan *Biochar***

Pembuatan *biochar* dilakukan dengan cara mengecilkan ukuran bahan yang digunakan dan selanjutnya dibakar di dalam tong berukuran 40 x 50 cm selama 3-4 jam untuk 2,480 kg *biochar*.

#### **3.5.2. Persiapan Media Tanam**

Tanah yang digunakan adalah jenis Ultisol yang mengandung unsur hara rendah. Hal ini bertujuan untuk melihat efek yang diberikan dari perlakuan dosis *biochar* dan dosis pupuk. Tanah dijemur selama 5-7 hari, tanah lalu diayak untuk memisahkan dari batuan dan gulma yang masih menempel pada tanah. Selanjutnya tanah dimasukkan ke dalam pot berdiameter 20 cm sebanyak 3 kg, ditambahkan masing-masing *biochar* sesuai dengan dosis perlakuan yang digunakan yaitu tanpa penambahan *biochar* sebanyak 62 g/tanaman yang telah dikonversi dengan perbandingan jumlah tanaman sebanyak 160.000 tanaman/ha.

#### **3.5.3. Penyemaian**

Penyemaian sawi pakcoy dilakukan di nampan yang berisi arang sekam. Penyemaian dilakukan dengan cara menaburkan benih sawi pakcoy pada arang sekam, lalu dilakukan penyemprotan sebanyak 2 kali sehari. Penyemaian dilakukan selama 2 minggu hingga muncul 3-5 daun sejati.

#### **3.5.4. Pengukuran Kapasitas Lapang Media Tanam**

Kapasitas lapang adalah kemampuan tanah dalam menahan air yang ada di dalam tanah. Pengukuran kapasitas lapang dilakukan dengan cara meletakkan tanah seberat 3 kg ke dalam *insect net* kemudian tanah dibasahi oleh air hingga kapasitas tanah dalam menyimpan air penuh, selanjutnya tanah tersebut ditimbang dan digantung untuk ditiriskan agar airnya dapat menetes dan dilakukan selama 24 jam. Setelah selesai ditiriskan, tanah kemudian ditimbang.

Berat tanah setelah 24 jam penirisan ini diasumsikan sebagai kondisi kapasitas lapang dan kemudian dijadikan patokan kebutuhan air tanaman.

### **3.5.5. Pemupukan**

Pemupukan dilakukan dalam empat perlakuan yaitu tanpa pemberian pupuk (P0), pemberian pupuk sebanyak 1 g/tanaman (P1), pemberian pupuk sebanyak 2 g/tanaman (P2), pemberian pupuk sebanyak 3 g/tanaman (P3) yang telah dikonversi dengan perbandingan jumlah tanaman sebanyak 160.000 tanaman/hadengan takaran dosis pupuk urea sebanyak 160 – 480 kg/ha. Pemberian pupuk ini dilakukan 2 kali dengan cara membagi 2 jumlah dosis tersebut dan diberikan kepada tanaman pada umur 14 dan 21 hari setelah tanam.

### **3.5.6. Penanaman**

Bibit pakcoy ditanam pada pukul 16.00 – 17.30 WIB. Penanaman pakcoy dilakukan pada lahan dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm, dalam satu pot berdiameter 20 cm ditanami 1 tanaman sawi pakcoy. Tata letak tanaman disesuaikan dengan tata letak percobaan.

### **3.5.7. Pemeliharaan Tanaman**

Kegiatan pemeliharaan meliputi :

#### 1) Penyiraman

Penyiraman dilakukan satu kali dalam sehari, yaitu pada sore pukul 16.00 – 17.00 WIB. Tanaman diairi sesuai dengan jumlah kehilangan air atau dengan takaran *field capacity*.

#### 2) Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan

Pengendalian OPT dilakukan setiap hari dengan cara manual yaitu OPT yang ada pada tanaman dan sekitar tanaman diambil lalu dibuang, jika tidak dapat ditangani secara manual maka langkah selanjutnya menggunakan pestisida yang mudah terurai seperti pestisida nabati.

### **3.5.8. Pemanenan**

Pemanenan dilakukan pada saat tanaman berumur 30 – 42 hari setelah tanam. Waktu panen yang baik adalah pagi hari agar tanaman tidak mengalami kelayuan akibat suhu udara yang panas.

## **3.6 Variabel Pengamatan**

### **3.6.1. Parameter *Biochar***

Analisis *biochar* pada penelitian ini dilakukan dengan pengolahan data beberapa variabel pengamatan yang selanjutnya dianalisis dengan hasil produksi tanaman pakcoy. Variabel *biochar* yang diamati meliputi:

a. Kadar air (%)

Kadar air *biochar* diukur dengan cara mengeringkan *biochar* pada oven Memmert selama 24 jam.

b. Kadar abu (%)

Kadar abu *biochar* diukur dengan mengabukan *biochar* yang sudah dikeringkan pada oven selama 4 jam menggunakan tanur Stuart.

c. pH

pH *biochar* diukur menggunakan pH meter dengan cara mencelupkan pH meter ke dalam campuran *biochar* dan air *aquades* dengan perbandingan 1:1.

### **3.6.2. Parameter Tanah**

Parameter tanah pada penelitian ini terdiri beberapa variabel pengamatan, yaitu sebagai berikut:



a. Sifat Kimia Tanah

Analisis kimia tanah pada penelitian ini meliputi N-total, P-total, K-total dan C-organik yang dilakukan di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

b. pH

pH tanah diukur pada saat sebelum dan setelah panen menggunakan kertas lakmus dengan cara mencelupkan kertas lakmus ke dalam campuran tanah dan air *aquades* dengan perbandingan 1:1.

c. Susut ketebalan tanah (cm)

Susut ketebalan tanah diukur menggunakan meteran yang ditempelkan pada pot dan diukur dengan pengurangan panjang permukaan tanah akhir dengan permukaan tanah awal dari permukaan pot.

### **3.6.3. Parameter Pertumbuhan**

#### **A. Pengamatan Harian**

Pada pengamatan harian dilakukan dengan mengukur air yang hilang dari kondisi kapasitas lapang tanah menggunakan timbangan yang selanjutnya dikembalikan ke kondisi 80 - 100% field capacity dengan menambahkan sejumlah air sesuai dengan kehilangan mencapai kondisi air tersedia.

#### **B. Pengamatan Mingguan**

Adapun pengamatan mingguan yang dilakukan meliputi :

a) Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur melalui tangkai daun hingga ujung daun terpanjang menggunakan penggaris.

b) Jumlah daun per tanaman (helai)

Jumlah daun yang dihitung adalah daun yang sudah terbuka sempurna.

c) Lebar daun per tanaman (cm)

Lebar daun dihitung pada sampel satu daun terlebar pada setiap tanaman.

d) Warna daun

Mengamati secara kuantitatif perubahan warna daun menggunakan *Colorimeter* (Amtast AMT507) setiap minggunya untuk dianalisis perubahan dan penyebabnya. *Colorimeter* AMT507 merupakan alat ukur yang dapat mengukur daya sensitif sebuah benda terhadap cahaya yang menyerapnya. Daya sensitif yang diukur pada alat ini adalah warnanya. Cara kerja alat ini adalah menunjukkan kualitas warna berdasarkan warna-warna tertentu yang mana warna tersebut diserap oleh sebuah benda. Output yang dihasilkan dalam bentuk skala  $L^*$ ,  $a^*$  dan  $b^*$ , dimana  $L^*$  menunjukkan Light,  $a^*$  adalah merah / hijau koordinasi, dan  $b^*$  adalah mengkoordinasikan kuning / biru. Delta untuk  $L^*$  ( $\Delta L^*$ ), sebuah  $a^*$  ( $\Delta a^*$ ) dan  $b^*$  ( $\Delta b^*$ ) bisa positif (+) atau negatif (-). Cara penggunaannya adalah dengan cara menempelkan alat *colorimeter* dengan daun yang sudah dialasi dengan *background* hitam.

e) Luas *canopy* (cm<sup>2</sup>)

Pengamatan diameter *canopy* dilakukan menggunakan aplikasi *canopy cover* yang ada di handphone dengan cara meletakkan tiap pot tanaman pada bingkai yang telah dibuat dari *styrofoam* berukuran 60 x 60 cm kemudian difoto sesuai luas bingkai yang dilakukan pada sore hari pada pukul 16.00 – 17.00 WIB. Hasil foto dari aplikasi akan menunjukkan berapa persen luasan *canopy* dari total luas bingkai.

### C. Pengamatan dan Pengukuran Saat Panen

Adapun pengamatan dan pengukuran yang dilakukan saat panen yaitu :

a. Bobot total segar (g)

Pengukuran bobot total segar dilakukan dengan cara menimbang

tanaman yang sudah dipanen beserta akarnya.

b. Bobot tajuk segar (g)

Pengukuran bobot tajuk segar dilakukan dengan cara menimbang bagian tajuk tanaman yang sudah dipanen.

c. Bobot akar segar (g)

Pengukuran bobot akar sedang dilakukan dengan cara menimbang akar tanaman yang sudah dipisahkan dari tanaman setelah dipanen.

d. Bobot tajuk kering (g)

Pengukuran bobot tajuk kering dilakukan dengan cara menimbang bagian tajuk tanaman yang sudah kering.

e. Bobot akar kering (g)

Pengukuran bobot akar kering dilakukan dengan cara menimbang akar tanaman yang sudah dipisahkan dari tanaman setelah kering.

f. Produktivitas air tanaman (g/ml)

Produktivitas tanaman merupakan perbandingan antara produk yang dihasilkan dengan jumlah air yang diberikan pada tanaman, dengan satuan gram hasil per ml (Prabowo dan Wiyono, 2006).

g. Produktivitas pupuk (%)

Produktivitas pupuk adalah perbandingan dari hasil produksi (output) dengan jumlah pupuk yang diberikan pada tanaman (input) dikalikan 100%

### **3.7 Analisa Data**

Dalam memudahkan pembaca memahami penelitian yang dilakukan, data yang diperoleh seperti tinggi tanaman, jumlah daun per tanaman, lebar daun per tanaman, warna daun, diameter *canopy*, kadar air tanah jenuh, bobot total segar per polybag, bobot brangkasan atas segar, bobot brangkasan bawah segar, bobot brangkasan atas kering, bobot brangkasan bawah kering, produktivitas air tanaman dan produktivitas pupuk, kemudian dianalisa dengan metode analisis ragam menggunakan program aplikasi (SAS) dan menghitung hasil dari pengukuran.

### 3.7.1. Analisis Sidik Ragam

Analisis sidik ragam dilakukan untuk mengukur interaksi dan perbedaan perlakuan dalam suatu percobaan secara bersamaan. Apabila dari hasil uji menunjukkan ada pengaruh maka dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf 5 % dengan menggunakan SAS.

### 3.7.2. Perhitungan dan Pengukuran

Perhitungan dan pengukuran ini diperlukan untuk mencari hasil dari parameter yang diamati.

a. Produktivitas Air Tanaman

Produktivitas air tanaman dapat dihitung dengan:

$$\text{Produktivitas Air} = \frac{\text{Hasil produksi (g)}}{\text{Jumlah air yang diberikan (g)}} \times 100$$

b. Produktivitas Pupuk

Produktivitas pupuk tanaman dapat dihitung dengan:

$$\text{Produktivitas Pupuk} = \frac{\text{Hasil produksi (g)}}{\text{Jumlah pupuk yang diberikan (g)}} \times 100\%$$

c. Kadar Air (Tanah dan *Biochar*)

Kadar air sampel dapat dihitung dengan:

$$KA = \frac{BB-BK}{BK} \times 100\%$$

Dimana:

KA = Kadar air (%)

BB = Berat sampel kering udara (g)

BK = Berat sampel kering oven (g)

d. Kadar Abu *Biochar*

Kadar abu *biochar* dapat dihitung dengan:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel(g)}} \times 100\%$$

Dimana:

Berat Abu = Berat cawan dan sampel setelah pengeringan – berat cawan  
kosong (g)

Berat sampel = Berat cawan sampel sebelum pengeringan– berat cawan  
kosong (g)

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan menunjukkan bahwa:

1. Ukuran partikel *biochar* menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap parameter warna daun, bobot total segar, bobot brangkasan atas segar, produktivitas air, dan luas kanopi.
2. Dosis pupuk urea menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap parameter tinggi tanaman, warna daun, bobot total segar, bobot brangkasan atas segar dan produktivitas air.
3. Interaksi faktor ukuran partikel *biochar* dengan dosis pupuk urea menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap parameter susut ketebalan tanah dan produktivitas pupuk.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa parameter pengamatan yang belum memberikan pengaruh nyata, hal ini diduga efektivitas *biochar* belum terlihat pada musim tanam pertama. Untuk itu perlu dilaksanakan penelitian mengenai musim tanam kedua menggunakan media tanam yang telah diberi *biochar* untuk melihat efektivitasnya dan mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., I., & Kurnia, U. (1999). *Pengaruh penggunaan berbagai jenis dan takaran pupuk kandang terhadap produktivitas tanah Ultisol terdegradasi di Desa Batin, Jambi*. Prosiding Seminar Nasional Sumber daya Tanah, Iklim, dan Pupuk.
- Alviani, P. (2015). *Bertanam Hidroponik Untuk Pemula*.
- Anwar, C. (2006). *Manajemen dan teknologi budidaya karet*. Makalah pelatihan “Tekno Ekonomi Agribisnis Karet.
- Boerhendhy, I., N Hadjib, R., M., & A, G. (2001). *Karakteristik mutu dan sifat kayu karet klon anjuran dan harapan*. Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Karet, 1–26.
- BPTP. (2011). *Arang Hayati (Biochar) Sebagai bahan Pembenah Tanah*, Edisi Khusus Penas XIII. 21–22.
- Chan, K.Y, Zwieten, V., A, D., & I, M. (2007). *Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment*. Australian J. Soil, 45, 629–634.
- Fellows, P. (1990). *Food Processing Technology*. Ellis Horwood Limited.
- Foth, H. D. (1994). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah* (Terjemahan Purbayanti, Lukiwati dan Trimutshih “Fundamental of Soil Science”). Gadjah Mada University Press, 4, 33–48.
- Gani, A. (2009). *Potensi Arang Hayati*. Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. IptekTanaman Pangan, 4, 33–48.

- Glaser, B., L. H., & Guggenberger, G. (2001). *The Terra Pretaphenomenon – A model for sustainable agriculture in the humid tropics*. *Naturwissenschaften*, 88, 37–41.
- Hanafiah, K., A. (2005). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT. Radja Grafindo Perkasa.
- Hardjowigeno, S. (1992). *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo.
- Haryanto, B. (2012). *Daya Karet Unggul*. Pustaka Baru Press.
- Haryanto, W., T. (2006). *Teknik Budidaya Sayuran Pakcoy (Sawi Mangkok)*. Penebar Swadaya.
- Haryanto, W., T. S., & E. Rahayu. (2007). *Teknik Penanaman Sawi dan Selada Secara Hidroponik*. Penebar Swadaya.
- I Nengah, K. (2019). *Meningkatkan Hasil Beberapa Varietas Sawi Pakcoy Dengan Perlakuan Dosis Pupuk Urea*. Universitas Tabanan Press.
- Indriyani, Y. H. (2004). *Membuat Kompos Secara Kilat*. Penebar Swadaya.
- Ismail, M. (2011). *Pemanfaatan Biochar Untuk Perbaikan Kualitas Tanah*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP).
- Kurnia, U., Sudirman, & Kusnadi, H. (2005). *Badan Litbang Pertanian*, 141–167.
- Lehmann, J., P., Silva, J., Steiner, C., & T. Nehls. (2003). *Nutrient availability and leaching in an arhaeological Anthrosol and a Ferrasol of the Central Amazon Basin*. *Plant and soil*, 249, 342–357.
- Maguire, R. O., & F. A., A. (2010). *Biochar in Agricultural Systems*. College of Agriculture and Life Sciences.



- Notohadiprawiro, T., Soekodarmodjo, S., & Sukana, E. (2006). *Pengelolaan Kesuburan Tanah dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, 01–19.
- Ogawa, M. (1994). *Symbiosis of people and nature in the tropics: Tropical agriculture using charcoal*. *Farming Japan*, 28, 21–30.
- Ogawa, M. (2006). *Carbon Sequestration by Carbonization of Biomass and Ferestation*. *Three Case Studies*, 133–146.
- Prabowo, A., & Wiyono, J. (2006). *Pengelolaan Sistem Irigasi Mikro Untuk Tanaman Hortikultura dan Palawija*. *Jurnal Enjiniring Pertanian*, IV.
- Prasetyo, B. H., & Suriadikarta, D. A. (2006). *Karakteristik, Potensi, Dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia*. *Litbang Pertanian*, 2, 39.
- Rondon, M., J. L., J. R., & Hurtado, M. (2007). *Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris L.*) increases with biochar additions*. *Biology and Fertility in Soils*, 43, 699–708.
- Rukmana, R. (2007). *Bertanam Petai dan Sawi*. Kanisius.
- Shenbagavalli, S., & Mahimairaja, S. (2012). *Production and characterization of biochar from different biological wastes*. *International Journal of Plant, Animal, and Environmental Sciences*, 2, 197–201.
- Soemeinaboedhy, I., N., & Tejowulan, R., S. (2007). *Pemanfaatan Berbagai Macam Arang Sebagai Sumber Unsur Hara P dan K Serta Sebagai Pembenh Tanah*. *Agroteksos*, 17, 114–122.
- Soepraptohardjo, M. (1961). *Klasifikasi tanah kategori tinggi di Balai Penelitian Tanah*. *Kongres Nasional Ilmu Tanah I*.
- Sombroek, W., Ruivo, M., Fearnside, P., Glaser, B., & Lehmann, J. (2003). *Amazonian dark earths as carbonstores and sinks In: Lehmann Jet al. (Eds.)*.

*Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management* Dordrecht. Kluwer Academic Publishers.p, 125–139.

Steiner, C., W.G. Teixeira, J. Lehmann, T. Nehls, J.L.V. de Macêdo, W.E.H. Blum, W. Zech. (2007). *Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil*. *Plant soil*, 291, 275–290.

Surtinah. (2010). *Agronomi Tanaman Budidaya*. Alaf Riau.

Tanaka, S. (1963). *Fundamental study on wood carbonization*. *Bull. Exp. Forest*.