

**PENGARUH PEMBERIAN BIOCHAR TERHADAP PERTUMBUHAN
DAN PRODUKSI TANAMAN KAILAN (*Brassica oleracea* var. alboglabra)
PADA KADAR AIR TERBATAS YANG DIKONTROL DENGAN
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO**

(Skripsi)

Oleh

**DARA ARIFA HAFIZAH
NPM 2014121034**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**PENGARUH PEMBERIAN BIOCHAR TERHADAP PERTUMBUHAN
DAN PRODUKSI TANAMAN KAILAN (*Brassica oleracea* var. alboglabra)
PADA KADAR AIR TERBATAS YANG DIKONTROL DENGAN
MIKROKONTROLER ARDUINO UNO**

Oleh

DARA ARIFA HAFIZAH

Skripsi

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

pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGARUH PEMBERIAN BIOCHAR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN KAILAN (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) PADA KADAR AIR TERBATAS YANG DIKONTROL DENGAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO

Oleh

DARA ARIFA HAFIZAH

Tanaman Kailan memiliki nilai ekonomi tinggi. Hal ini menuntut kailan diproduksi dalam jumlah banyak. Rendahnya produksi tersebut diduga karena kualitas tanah dan kelembaban tanah yang rendah, sehingga perlu dilakukan perbaikan kualitas lahan. Perbaikan kualitas tanah untuk meningkatkan hasil tanaman kailan (*B. oleracea*) dapat dilakukan dengan pemberian bahan pembenah tanah berupa biochar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biochar dalam mengikat air yang akan berpengaruh dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kailan dengan kadar air tanah kapasitas lapang 20%-40%. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari-Mei di Rumah Kaca, Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok yang terdiri dari 4 perlakuan dan 4 ulangan, yaitu biochar: B1 (Kontrol), B2 (Biochar 10 ton.ha⁻¹), B3 (Biochar 20 ton.ha⁻¹), B4 (Biochar 30 ton.ha⁻¹). Aditifitas data diuji menggunakan uji Tuckey, homogenitas data diuji menggunakan uji Bartlett. Selanjutnya dilakukan analisis ragam dan uji nilai tengah menggunakan uji DMRT (*Duncan multiple range test*) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biochar berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan. Pemberian biochar dengan berbagai dosis yang berbeda tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan akar. Dosis biochar terbaik pada pertumbuhan dan produksi tanaman kailan adalah 20 ton.ha⁻¹. Semakin tinggi dosis biochar, maka kadar air tanah kapasitas lapang semakin meningkat. Secara berturut-turut kadar air tanah kapasitas lapang akibat pemberian biochar 30 ton.ha⁻¹; 20 ton.ha⁻¹; 10 ton.ha⁻¹, mampu meningkatkan ketersediaan air masing-masing hingga 59%; 52%; 44%. Oleh karena itu, pemberian dosis biochar 30 ton.ha⁻¹ adalah dosis terbaik dalam meningkatkan ketersediaan air pada tanaman kailan.

Kata kunci: biochar, kadar air tanah, pertumbuhan dan produksi, kailan, arduino uno

Judul Skripsi : **PENGARUH PEMBERIAN BIOCHAR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN KAILAN (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) PADA KADAR AIR TERBATAS YANG DIKONTROL DENGAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO**

Nama Mahasiswa : **Dara Arifa Hafizah**

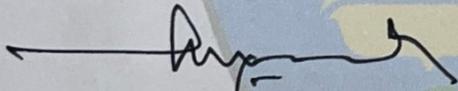
Nomor Pokok Mahasiswa : 2014121034

Program Studi : Agroteknologi

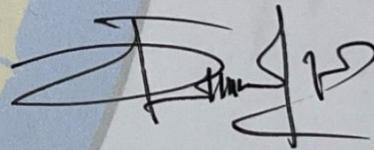
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI:

1. Komisi Pembimbing,

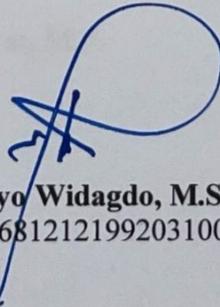


Ir. Hery Novpriansyah, M.S.
NIP 196611151990101001



Purba Sanjaya, S.P., M.Si.
NIP 198805112019031012

2. Ketua Jurusan Agroteknologi,

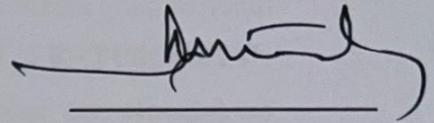


Ir. Setyo Widagdo, M.Si.
NIP 196812121992031004

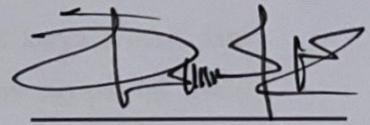
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

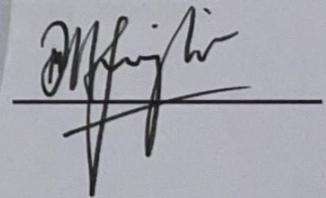
Ketua : Ir. Hery Novpriansyah, M.S.



Sekretaris : Purba Sanjaya, S.P., M.Si.



Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 12 November 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“PENGARUH PEMBERIAN BIOCHAR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN KAILAN (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) PADA KADAR AIR TERBATAS YANG DIKONTROL DENGAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 November 2024
Penulis,



Dara Arifa Hafizah
NPM 2014121034

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, Lampung pada 2 Februari 2001. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Ali Hafiz Al Qodri dan Ibu Arief Prihaningrum. Pendidikan penulis diawali dari SDN 1 Hanura pada 2007. Pada 2013 penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 3 Bandar Lampung, penulis melanjutkan pendidikan di SMA YP UNILA dan lulus pada 2019. Studi pendidikan tinggi penulis dimulai pada 2020 sebagai Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jurusan Agroteknologi melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri. (SBMPTN).

Penulis telah melaksanakan Praktik Umum di PT. GGP (*Great Giant Pineapple*) Kabupaten Lampung Tengah pada 2023 dan pada tahun yang sama penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kalisari, Kecamatan Wonosobo, Kabupaten Tanggamus. Selama penulis menempuh pendidikan tinggi penulis aktif dalam organisasi Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) sebagai anggota Bidang Pengabdian Kepada Masyarakat periode 2022/2023.

PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Pemberian Biochar terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) pada Kadar Air Terbatas yang Dikontrol dengan Mikrokontroler Arduino uno”**

Dengan penuh rasa syukur karya ini kupersembahkan sebagai ucapan terima kasihku untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta: Ibu Arief Prihaningrum dan Ayah Ali Hafiz Al Qodri yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan ke tahap ini, yang mengorbankan segalanya untuk penulis, selalu memberi semangat, mengajari untuk selalu bersabar di setiap proses yang dilalui, dan pantang menyerah dalam menggapai target hidup, serta tiada hentinya selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis di setiap langkah;
2. Kakak dan adikku tersayang: Atu Bunga dan Nanda yang selalu memberikan dukungan, do'a, motivasi semangat, dan selalu membantu penulis dalam hal apapun;
3. Terakhir sang penulis skripsi yaitu diri saya sendiri. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini melewati banyaknya rintangan hidup yang tidak tertebak adanya, walaupun seringkali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum tercapai, namun terima kasih telah menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin.

MOTTO

*Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa
Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan*

(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

“It will pass, everything you’ve gone through it will pass” (Rachel Vennya)

وَأُفَوِّضُ أَمْرِي إِلَى اللَّهِ

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

(Q.S. Al-Ghaafir :44)

Tugasmu hanya memperbaiki diri. Semakin kamu baik, semakin Allah hadirkan
hal-hal baik dalam hidupmu, percayalah (Ustadz Adi Hidayat)

SAWANCANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya. Penyelesaian pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, doa dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terma kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi yang telah memberikan saran, dukungan dan do'a;
3. Ir. Hery Novpriansyah, M.S., selaku dosen Pembimbing Utama pada Penelitian ini. Terima kasih atas do'a, bimbingan, waktu, ide, kritik, saran, nasehat, kesabaran, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
4. Purba Sanjaya, S.P.. M.Si., selaku dosen Pembimbing Kedua penelitian. Terima kasih atas do'a, bimbingan, waktu, ide, kritik, saran, nasehat, kesabaran, dan dukungan kepada penulis;
5. Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc., selaku dosen Pembimbing Akademik sekaligus dosen Penguji yang sudah memberikan do'a, saran, kritik, dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi;
6. Cinta pertama dan sosok yang sangat menginspirasi penulis yaitu Ayahanda Ali Hafiz Al Qodri tercinta. Terima kasih atas setiap tetes keringat yang telah tercurahkan dalam setiap langkah ketika mengemban tanggung jawab sebagai seorang kepala keluarga untuk mencari nafkah, yang tiada hentinya memberikan motivasi, perhatian, kasih sayang, serta dukungan dari segi

finansial sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi hingga akhir untuk mendapat gelar Sarjana Pertanian. Terima kasih ayah, gadis kecilmu sudah tumbuh besar dan siap melanjutkan mimpi yang lebih tinggi lagi;

7. Pintu surgaku dan sosok yang penulis jadikan panutan yaitu Ibunda Arief Prihaningrum tercinta. Terima kasih atas setiap semangat, ridho, perhatian, kasih sayang dan doa yang selalu terselip di setiap sholatnya demi keberhasilan penulis dalam mengenyam pendidikan sampai menjadi sarjana. Terima kasih Ibu, atas berkat dan ridhomu ternyata anak kedua perempuan yang selama ini bahunya harus setegar karang di lautan dan menjadi harapan, saat ini telah mampu mendapat gelar Sarjana Pertanian. Terima kasih telah menjadi orang tua yang supportif. Ibu, semoga Allah senantiasa memberkahi Ibu dengan kesehatan, kebahagiaan, keberkahan, dan umur panjang;
8. Kepada cinta kasih saudara penulis: Atu Bunga Muthi Hafizah, A.Md.A.Pj. dan Adek Nanda Ikhsan Hafiz yang selalu kebersamai penulis. Terima kasih untuk do'a, motivasi, dan dukungannya Terima kasih karena meluangkan waktunya untuk menjadi tempat dan pendengar terbaik penulis sampai dapat menyelesaikan skripsi ini;
9. Sahabat-sahabatku: Belski, Aol, Depuy, Maldew, dan Duwai yang telah kebersamai penulis sedari bangku Sekolah Menengah Atas (SMA). Terima kasih atas dukungan, semangat, motivasi serta bantuan yang diberikan kepada penulis. Semangat mengejar cita-cita kita bersama;
10. Sahabat seklaigus teman seperjuanganku "Mulei CC": Aimasyu, Downa, Deaa, Tete Ijum, Sele, Supi, dan teman-teman Jurusan Agroteknologi 2020 yang telah kebersamai penulis sedari awal masa perkuliahan dalam susah senangnya menjadi Mahasiswa di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
11. Teman-teman satu penelitianku: Dona dan Adam yang telah kebersamai penulis dalam penelitian ini. Terima kasih atas perhatian, semangat dan bantuan kepada penulis selama penelitian di Rumah Kaca Lab. Lapangan Terpadu;
12. *Last but not least, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I*

wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas saran, masukan, dan keluangan waktu dalam membantu penelitian dan menyelesaikan skripsi. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan terkhusus kepada penulis.

Bandar Lampung, 12 November 2024
Penulis,

Dara Arifa Hafizah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	3
1.5 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Tanaman Kailan (<i>Brassica oleraceae</i> var. alboglabra).....	8
2.2 Syarat Tumbuhan Kailan	9
2.3 Biochar.....	10
2.4 Peranan Air Tanah dan Pengelolaannya dengan Sistem Irigasi....	11
2.5 Mikrokontroler Arduino UNO.....	12
III. BAHAN DAN METODE	15
3.1 Waktu dan Tempat.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	16
3.4.1 Perakitan Arduino UNO	16
3.4.2 Pembuatan Petak dan Saluran Air.....	17
3.4.3 Penyiapan Media Tanam.....	18
3.4.4 Kalibrasi Alat	19
3.4.5 Penyemaian	20
3.4.6 Pemindahan Tanam.....	20
3.4.7 Pemilihan Sampel Tanaman	21

3.4.8 Pemeliharaan.....	21
3.4.9 Pemanenan	22
3.5 Variabel Pengamatan	22
3.5.1 Tinggi Tanaman	22
3.5.2 Jumlah Daun	22
3.5.3 Lebar Daun.....	22
3.5.4 Lebar Tajuk.....	23
3.5.5 Panjang Akar.....	23
3.5.6 Diameter Batang	23
3.5.7 Bobot Segar Tanaman.....	23
3.5.8 Bobot Kering Tanaman.....	23
3.5.9 Bobot Basah Akar	24
3.5.10 Bobot Kering Akar.....	24
3.5.11 Kadar Air Harian.....	24
3.6 Analisis Data.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil	25
4.1.1 Tinggi Tanaman	25
4.1.2 Jumlah Daun	26
4.1.3 Lebar Daun.....	27
4.1.4 Lebar Tajuk.....	28
4.1.5 Panjang Akar, Bobot Basah Akar, dan Bobot Kering akar.....	28
4.1.6 Diameter Batang	29
4.1.7 Bobot Segar Tanaman.....	30
4.1.8 Bobot Kering Tanaman.....	30
4.1.9 Persen Kadar Air Tanah Harian	31
4.1.10 Pertumbuhan Tanaman Kailan Selama 4 MST.....	32
4.2 Pembahasan.....	32
V. SIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Sifat Fisika Tanah yang Digunakan pada Penelitian.....	20
2. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Data Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, Lebar Daun, Lebar Tajuk, Panjang Akar, Bobot Segar Akar, Bobot Kering akar, Diameter Batang, Bobot Segar Tanaman, dan Bobot Kering Tanaman.....	26
3. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Tinggi Tanaman Kailan.....	26
4. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Jumlah Daun Tanaman Kailan.....	27
5. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Lebar Daun Tanaman Kailan.....	27
6. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Lebar Tajuk Tanaman Kailan.....	28
7. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Panjang Akar, Bobot Basah Akar, dan Bobot Kering Akar.....	29
8. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Diameter Batang Tanaman Kailan.....	29
9. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Bobot Segar Tanaman Kailan.....	30
10. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Bobot Kering Tanaman Kailan.....	31
11. Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Tinggi Tanaman Kailan.....	47
12. Uji Homogenitas Ragam Tinggi Tanaman Kailan.....	47
13. Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kailan.....	47
14. Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Jumlah Daun Tanaman Kailan.....	48

15	Uji Homogenitas Ragam Jumlah Daun Tanaman Kailan.....	48
16.	Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kailan	48
17.	Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Lebar Daun Tanaman Kailan	49
18	Uji Homogenitas Ragam Lebar Daun Tanaman Kailan	49
19.	Analisis Ragam Lebar Daun Tanaman Kailan	49
20.	Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Lebar Tajuk Tanaman Kailan	50
21	Uji Homogenitas Ragam Lebar Tajuk Tanaman Kailan	50
22.	Analisis Ragam Lebar Tajuk Tanaman Kailan.....	50
23.	Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Panjang Akar Tanaman Kailan	51
24	Uji Homogenitas Ragam Panjang Akar Tanaman Kailan	51
25.	Analisis Ragam Panjang Akar Tanaman Kailan	51
26.	Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Bobot Basah Akar Tanaman Kailan	52
27	Uji Homogenitas Ragam Bobot Basah Akar Tanaman Kailan	52
28.	Analisis Ragam Bobot Basah Akar Tanaman Kailan.....	52
29.	Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Bobot Kering Akar Tanaman Kailan	53
30	Uji Homogenitas Ragam Bobot Kering Akar Tanaman Kailan	53
31.	Analisis Ragam Bobot Kering Akar Tanaman Kailan	53
32.	Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Diameter Batang Tanaman Kailan.....	54
33	Uji Homogenitas Ragam Diameter Batang Tanaman Kailan.....	54
34.	Analisis Ragam Diameter Batang Tanaman Kailan	54
35.	Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Bobot Segar Tanaman Kailan	55
36	Uji Homogenitas Ragam Bobot Segar Tanaman Kailan	55
37.	Analisis Ragam Bobot Segar Tanaman Kailan	55
38.	Data Pengaruh Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Bobot Kering Tanaman Kailan	56
39	Uji Homogenitas Ragam Bobot Kering Tanaman Kailan	56
40.	Analisis Ragam Bobot Kering Tanaman Kailan	56
41.	Nilai Sensor 1 Modul.....	57

42.	Nilai Sensor 2 Modul.....	57
43.	Nilai Sensor 3 Modul.....	57
44.	Nilai Sensor 4 Modul.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur Kerangka Pemikiran Penelitian Pengaruh Media Tanam Biochar terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kailan (<i>Brassica oleracea</i> var. alboglabra) pada Kadar Air Terbatas Yang Dikontrol dengan Mikrokontroler Arduino uno	6
2. Tata Letak Penelitian.....	18
3. Grafik Persen Kadar Air Tanah.....	31
4. Penampakan Visual Pertumbuhan Tanaman Kailan pada: (a) 1 mst (b) 2 mst, (c) 3 mst, (d) 4 mst	32
5. Hubungan KA Basah (Gravimetrik) dan Hasil Pengukuran Sensor 1	58
6. Hubungan KA Basah (Gravimetrik) dan Hasil Pengukuran Sensor 2	58
7. Hubungan KA Basah (Gravimetrik) dan Hasil Pengukuran Sensor 3	59
8. Hubungan KA Basah (Gravimetrik) dan Hasil Pengukuran Sensor 4	59
9. Kode yang Dimasukkan pada Arduino	60
10. Lanjutan Kode yang Dimasukkan pada Arduino	61
11. Lanjutan Kode yang Dimasukkan pada Arduino	62
12. Lanjutan Kode yang Dimasukkan pada Arduino	63
13. Lanjutan Kode yang Dimasukkan pada Arduino	64
14. Instalasi Arduino	65
15. Pengambilan Tanah di LTPD.....	65
16. Pembuatan Media Tanam.....	66
17. Benih Kailan Winsa	66
18. Pengukuran pH Tanah.....	67

19.	Pengukuran Volume Air.....	67
20.	Petak Percobaan	68
21.	Penyemaian Kailan.....	68
22.	Pemberian Pupuk NPK 16:16:16	69
23.	Pengukuran Lebar Tajuk Tanaman Kailan.....	69
24.	Penyemprotan Pestisida.....	70
25.	Pengukuran Persen Kadar Air Harian	70
26.	Pemanenan	71
27.	Penimbangan Bobot Segar Tanaman	71
28.	Penimbangan Bobot Basah Akar.....	72
29.	Pengukuran Diameter Batang Tanaman Kailan	72
30.	Pengukuran Panjang Akar Tanaman Kailan	73
31.	Pengovenan Tanaman Kailan.....	73
32.	Penimbangan Bobot Kering Tanaman Kailan.....	74
33.	Penimbangan Bobot Kering Akar Tanaman Kailan.....	74
34.	Pertumbuhan Kailan di Lapangan	75

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kailan (*B. oleracea*) termasuk dalam kelompok tanaman sayuran daun yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan memiliki prospek yang cukup bagus untuk dibudidayakan (Ayu, 2011). Tanaman kailan memiliki tekstur daun yang renyah, bernilai gizi tinggi, dan bermanfaat bagi tubuh karena mengandung vitamin A, C, E, K, protein, mineral, Ca dan Fe, serta nutrisi lainnya. Kailan bermanfaat bagi kesehatan manusia karena dapat membantu pencernaan, menetralkan zat asam, dan mencegah penyakit sariawan (Arief, 1990). Sayangnya saat ini permintaan yang tinggi belum dapat diimbangi dengan produksi yang maksimal dan stabil (Lingga, 2010).

Tanaman kubis yang termasuk di dalamnya kailan mengalami penurunan produksi (Badan Pusat Statistika, 2021). Beberapa faktor yang diduga menjadi penyebab rendahnya hasil tersebut karena kesuburan tanah rendah dan kualitas tanah yang menurun seperti suhu tanah yang tinggi. Hal ini menyebabkan proses penguapan yang tinggi, sehingga kandungan air dalam tanah tidak tercukupi. Kadar air yang rendah akan berpengaruh terhadap menurunnya jasad yang berada di dalam tanah itu sendiri. Perbaikan kualitas tanah untuk meningkatkan hasil tanaman kailan (*B. oleracea*) dapat dilakukan dengan pemberian bahan pembenah tanah (Setiyaningrum dkk., 2019).

Limbah pertanian berupa sekam yang apabila hasil pembakaran sekam padi tidak digunakan, maka akan menimbulkan masalah lingkungan. Potensi limbah sekam padi yang besar perlu dioptimalkan pemanfaatannya melalui teknologi biochar yaitu sebagai pembenah tanah dan meningkatkan kualitas lahan pertanian

(Widiastuti dkk., 2017). Kailan (*B. oleracea*) dapat tumbuh pada kualitas lahan yang baik dan kadar air yang optimal. Salah satu solusi untuk meningkatkan produksi tanaman kailan, dapat dilakukan penambahan biochar pada media tanam. Biochar diberikan ke tanah bukan sebagai pupuk, melainkan sebagai amelioran yaitu bahan yang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah dengan daya mengikat air yang tinggi (Farisil dkk., 2023).

Penambahan biochar membantu mencegah terjadinya kehilangan pupuk akibat erosi permukaan (*run off*) dan pencucian (*leaching*), sehingga dapat memungkinkan penghematan pemupukan dan mengurangi polusi sisa pemupukan pada lingkungan sekitar. Kemampuan biochar yang bermanfaat mempertahankan kelembaban dapat membantu tanaman pada periode-periode kekeringan dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan menahan nutrisi dalam tanah sehingga nutrisi yang ada dalam tanah tidak mudah hilang dalam proses pencucian dalam tanah dan pada akhirnya akan berpengaruh pada peningkatan hasil panen (Lehmann dkk., 2003). Oleh karena itu, pada penelitian ini media tanam diberi kadar air terbatas untuk melihat kemampuan biochar dalam meretensi air.

Petani pada umumnya masih menggunakan sistem irigasi yang konvensional (Putranto dkk., 2018). Oleh karena itu sering terjadinya kelebihan air (Silvia dkk., 2016). Hal tersebut dapat diketahui dengan penggunaan sistem otomatis yang diperlukan untuk mengalirkan air yang masuk sehingga tidak ada lagi kelebihan air (Wijayanto dkk., 2021). Dari hal tersebut maka penelitian akan menggunakan mikrokontroler arduino berbasis IOT (*Internet of Things*) sebagai alat pengontrol, dimana alat ini memiliki kemampuan membaca sensor kelembaban tanah sehingga didapatkan informasi kadar air yang terkandung di dalam tanah. Informasi tersebut akan menentukan instruksi yang akan dikeluarkan oleh Arduino. Ketika kandungan air pada tanah dinyatakan melewati batas kering, Arduino dapat menginstruksi untuk menghidupkan relay sehingga pompa dapat mengalirkan air ke area pertanaman (Setiobudio dkk., 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, maka penelitian ini dilakukan untuk menjawab rumusan masalah sebagai berikut:

- (1) Apakah pemberian biochar dengan berbagai dosis yang berbeda dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kailan?
- (2) Apakah pemberian biochar dengan berbagai dosis yang berbeda dapat meningkatkan kadar air tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, diantaranya:

- (1) Mengetahui pengaruh pemberian dosis biochar terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan;
- (2) Mengetahui pengaruh pemberian dosis biochar terhadap kadar air tanah.

1.4 Kerangka Pemikiran

Kailan memiliki nilai ekonomi yang tinggi, sehingga hal ini menuntut kailan diproduksi dalam jumlah banyak. Menurut Badan Pusat Statistika (2021), produksi tanaman kubis termasuk di dalamnya kailan (*B. oleracea*) di provinsi Lampung pada tahun 2019 adalah 77.250 kuintal. Tahun 2020 mengalami peningkatan produksi yaitu 77.635 kuintal dan mengalami penurunan produksi pada tahun 2021 yaitu 60.727 kuintal. Menurut Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2022) konsumsi kubis di Indonesia per kapitanya pada tahun 2019 adalah 1,494 kg, pada tahun 2020 mengalami penurunan konsumsi yaitu 1,378 kg, dan mengalami peningkatan pada tahun 2021 yaitu 1,510 kg. Rendahnya produksi tersebut diduga terjadi karena kualitas tanah dan kelembaban tanah yang rendah. Kelembaban tanah yang rendah akan berpengaruh terhadap menurunnya jasad yang berada di dalam tanah itu sendiri. Perbaikan kualitas tanah untuk meningkatkan hasil tanaman dapat dilakukan dengan pemberian bahan pembenah tanah (Setyaningrum dkk., 2019).

Limbah pertanian dapat berbentuk bahan buangan yang tidak terpakai dan bahan sisa dari hasil pengolahan. Proses penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat sehingga limbah yang tertumpuk secara tidak langsung menjadi pengganggu lingkungan sekitar dan berakibat pada kesehatan masyarakat (Surdianto dkk., 2015). Hal tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan sekam padi sebagai pupuk organik pembenah tanah yaitu biochar (Herman dkk., 2018). Biochar dapat berfungsi sebagai bahan pembenah tanah, untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah. Biochar mampu menahan unsur hara sehingga meningkatkan ketersediaannya bagi tanaman.

Pemberian aplikasi biochar berdampak positif terhadap sifat biologi, fisika, dan kimia tanah. Berdasarkan beberapa hasil penelitian, efek positif biochar dapat mempengaruhi sifat biologi tanah yaitu dapat mempengaruhi populasi dan aktivitas mikroorganisme yang berada di dalam tanah. Menurut hasil penelitian Graber dkk. (2010), kehadiran biochar dapat merangsang populasi rhizobakteria dan fungsi yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Ini diakibatkan oleh perubahan komposisi dan aktivitas enzim di daerah sekitar perakaran yang meningkat selain itu penambahan biochar juga dapat meningkatkan daya tumbuh (viabilitas). Menurut Evizal dkk. (2023), aplikasi biochar ke dalam tanah mampu meningkatkan kehidupan mikroba, meso dan makro fauna tanah.

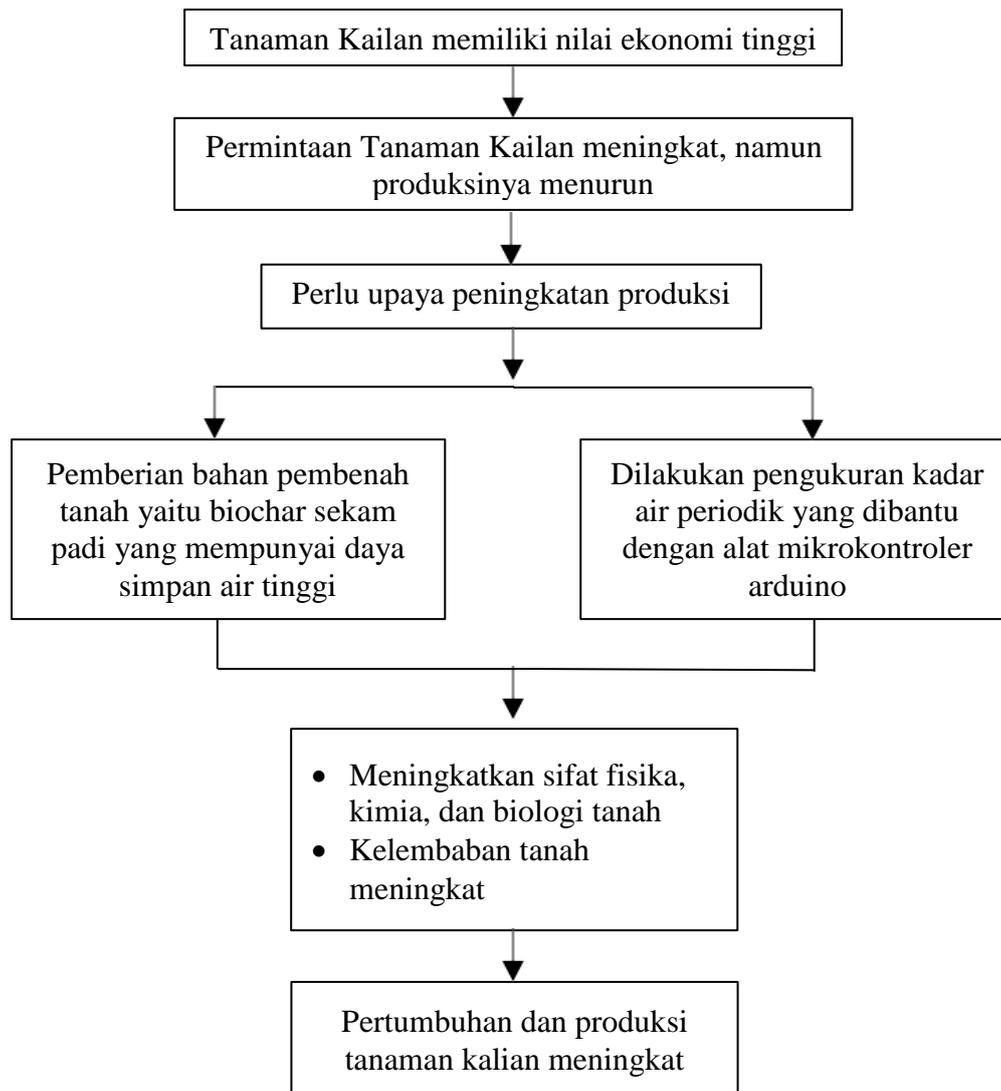
Aplikasi biochar memiliki pengaruhnya terhadap sifat kimia tanah yaitu, meningkatkan pH, kapasitas tukar kation, karbon organik tanah, retensi dan ketersediaan hara (Evizal dkk., 2023). Gani (2010) juga menyatakan bahwa penambahan biochar ke dalam tanah akan meningkatkan ketersediaan kation utama, N-total, P dan KTK yang berakibat pada peningkatan produktivitas tanaman. Tingginya ketersediaan hara bagi tanaman merupakan hasil secara langsung dari biochar, sehingga menyebabkan meningkatnya retensi hara. Hal ini sependapat dengan pernyataan Nigussie dkk. (2012) bahwa biochar yang diaplikasikan ke dalam tanah secara nyata berpotensi dalam meningkatkan beberapa sifat kimia tanah seperti pH tanah, beberapa senyawa seperti C-organik,

N-total serta dapat mereduksi aktivitas senyawa Fe dan Al yang berdampak negatif terhadap peningkatan P-tersedia, sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman.

Pengaruh penambahan biochar terhadap sifat fisika tanah, yaitu menjaga kelembaban tanah sehingga kapasitas menahan air tinggi yang diakibatkan oleh pori-pori pada biochar (Endriani dkk., 2013). Aplikasi biochar dalam meningkatkan kemampuan memegang air atau retensi air yang sangat bermanfaat untuk meningkatkan ketersediaan air pada tanah dan lahan kering di wilayah iklim kering. Beberapa penelitian melaporkan bahwa kandungan air kapasitas lapang meningkat secara nyata setelah aplikasi biochar (Glaser dkk., 2002). Menurut penelitian Safitri dkk. (2018), pemberian biochar jerami 40 ton/ha menghasilkan efisiensi penggunaan air sebesar 51,0%. Menurut Hasil penelitian Adi dkk. (2017) menunjukkan bahwa pemberian biochar (10 ton/ha) berpengaruh nyata untuk parameter tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat tanaman sampel, berat tanaman per plot. Penggunaan biochar dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan dapat mencegah degradasi lahan, sehingga penggunaannya dapat membantu upaya konservasi tanah yang lebih baik.

Biochar memiliki kemampuan mempertahankan kelembaban tanah (Lehmann dkk., 2003). Kemampuan tersebut akan diuji dengan memanfaatkan teknologi IOT (*Internet of Things*) berupa alat penyiraman tanaman dengan memonitoring kadar kelembaban tanah (Setiawan, 2019). Alat ini mempunyai kemampuan membaca sensor kelembaban sehingga didapatkan kadar air yang ada di dalam tanah. Informasi tersebut akan menentukan instruksi yang akan dikeluarkan oleh Arduino. Ketika kandungan air pada tanah dinyatakan melewati batas kering, Arduino dapat menginstruksi untuk menghidupkan relay sehingga pompa dapat mengalirkan air ke area pertanaman (Setiobudio dkk., 2019). Tanaman sawi yang masih memiliki famili sama dengan kalia pada perlakuan 70% kapasitas lapang menghasilkan jumlah daun dan bobot segar sawi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan 30% kapasitas lapang (Moctava dkk., 2013). Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat kadar air kapasitas lapang 20%-40% untuk melihat

seberapa besar ketahanan air tanaman kalian dengan kondisi tersebut. Hal ini diharapkan pemberian biochar dapat meningkatkan kadar air tanah, sehingga produksi dan pertumbuhan kalian meningkat. Kerangka pemikiran pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian pengaruh pemberian biochar terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) pada kadar air terbatas yang dikontrol dengan mikrokontroler arduino uno.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut:

- (1) Semakin tinggi pemberian dosis biochar maka pertumbuhan dan produksi tanaman kailan akan meningkat;
- (2) Semakin tinggi pemberian dosis biochar maka kadar air tanah akan meningkat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae* var. *alboglabra*)

Tanaman kailan merupakan tanaman yang mempunyai ciri batang berwarna hijau kebiruan, bersifat tunggal, dan bercabang pada bagian atas. Tanaman kailan memiliki daun tebal, datar, dan mengkilap. Batang kailan dilapisi oleh zat lilin sehingga tampak mengkilap dan pada batang tersebut akan muncul daun yang letaknya berselang-seling. Sistem perakaran kailan adalah jenis akar tunggang dengan cabang-cabang akar yang kokoh. Cabang akar (akar sekunder) tumbuh dan menghasilkan akar tersier yang akan berfungsi menyerap unsur hara dari dalam tanah (Darmawan dkk., 2009). Tanaman kailan termasuk ke dalam Divisi Spermatophyta, Subdivisio Angiospermae, Kelas Dicotyledoneae, Ordo Papavorales, Famili Cruciferae (Brassicaceae), Genus *Brassica*, Spesies *Brassica oleraceae* var. *alboglabra* (Rubatzky, 1998).

Kailan merupakan tanaman yang masih memiliki famili yang sama seperti kol atau kubis. Sistem perakaran tanaman kailan yaitu perakarannya dangkal kemudian bercabang dan berbentuk bulat panjang atau silindris. Akar-akar tanaman kailan memiliki fungsi menyerap air dan unsur hara di dalam tanah, serta dapat menopang berdirinya batang tanaman. Batang tanaman kailan besar namun sedikit lunak serta memiliki rasa manis (Harjono, 2001). Batang ini berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang daun. Tanaman kailan memiliki daun yang berbentuk oblong, lebar dan agak duduk dengan tangkai daun agak silindris dan batang bawahnya agak tebal (Samadi, 2013).

Tanaman kailan yang dibudidayakan umumnya tumbuh semusim (annual) ataupun dwimusim (biennial) yang berbentuk perdu. Sistem perakaran relatif dangkal, yakni menembus kedalaman tanah antara 20-30 cm. Batang tanaman kailan umumnya pendek dan banyak mengandung air (herbaceous). Di sekeliling batang hingga titik tumbuh terdapat tangkai daun yang bertangkai pendek. Tanaman ini dikenal dengan daun roset yang tersusun spiral kearah puncak cabang tak berbatang. Sebagian besar sayuran kailan memiliki ukuran daun yang lebih besar, dan permukaan serta sembur daun yang rata. Tipe tertentu, daun yang tersusun secara spiral ini selalu bertumpang tindih sehingga agak mirip kepala (Rukmana, 2008).

2.2 Syarat Tumbuh Kailan

Umumnya tanaman kailan baik ditanam di dataran tinggi dengan ketinggian antara 1.000-3.000 meter di atas permukaan laut. Kailan mampu beradaptasi dengan baik pada dataran rendah. Tanaman kailan memerlukan curah hujan yang berkisar antara 1000-1500 mm/tahun. Keadaan curah hujan ini berhubungan erat dengan ketersediaan air bagi tanaman. Kailan termasuk jenis sayuran yang toleran terhadap kekeringan atau ketersediaan air yang terbatas. Curah hujan terlalu banyak dapat menurunkan kualitas sayur, karena kerusakan daun yang diakibatkan oleh hujan deras (Wahyudi, 2010).

Suhu yang baik untuk kailan berkisar 18°–32 °C serta kelembaban tanah optimal 60–90 % (Samadi, 2013). Menurut Hardjowigeno (2010) semakin tinggi suhu maka proses dekomposisi bahan organik akan semakin cepat. Kelembaban tanah yang terlalu tinggi akan memperlambat proses dekomposisi serta kelembaban tanah yang terlalu rendah akan menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak maksimal. Derajat keasaman yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kailan berkisar antara 5,5–6,5 (Hanafiah, 2010). Tanah-tanah yang masam (pH kurang dari 5,5), pertumbuhan kailan sering mengalami hambatan, mudah terserang penyakit bengkak akar atau *club root* yang disebabkan oleh cendawan *Plasmodiophora brassicae* Wor. Sebaliknya, tanah yang sangat basa (pH > 8,0)

biasanya menurunkan kebugaran tanaman karena konsentrasi boron (B) yang beracun dan terutama karena kekurangan zat besi (Fe), sehingga menyebabkan stres nutrisi pada tanaman (Lopes, dkk., 2021). Tanaman kailan mampu beradaptasi pada hampir semua jenis tanah, baik pada tanah lempung berpasir, gembur, bertekstur ringan atau sedang sampai tanah bertekstur liat berat dan juga pada tanah organik seperti tanah gambut (Samadi dkk., 2013).

2.3 Biochar

Biochar merupakan arang hitam hasil dari proses pemanasan biomassa pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. Pemberian aplikasi biochar berdampak positif terhadap sifat biologi, fisika, dan kimia tanah. Biochar juga merupakan bahan organik yang memiliki sifat stabil dapat dijadikan pembenah tanah lahan kering. Pemilihan bahan baku biochar ini didasarkan pada produksi sisa tanaman yang melimpah dan belum termanfaatkan (Demirbas, 2004). Penambahan biochar kedalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan kation utama, P, dan konsentrasi N dalam tanah. Peningkatan KTK dan pH tanah dapat meningkat hingga 40%. Menurut sumber dari BPTP Aceh (2011), biochar dapat memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produksi tanaman, terutama pada tanah-tanah yang kurang subur. Kemampuan biochar untuk mengikat air dan unsur hara dalam tanah membantu mencegah terjadinya kehilangan pupuk akibat erosi permukaan (*run off*) dan pencucian (*leaching*), sehingga dapat memungkinkan penghematan pemupukan dan mengurangi polusi sisa pemupukan pada lingkungan sekitar.

Kemampuan biochar yang tinggi dalam mengikat air menjadikan air lebih lama bertahan di perakaran tanaman yang mendapatkan perlakuan dosis biochar, sehingga tanahnya menjadi lebih lembab dibandingkan dengan tanah yang tanpa perlakuan dosis biochar (Utami dkk., 2015). Ini sesuai dengan pernyataan Multazam (2012), yang mengatakan bahwa aplikasi dosis biochar di lahan kering mulai 20 ton/ha hingga 40 ton/ha secara nyata mampu mengurangi laju evapotranspirasi. Biochar mampu memperkecil pori-pori pada tanah pasiran

sehingga mencegah air meresap cepat dan terlalu dalam hingga keluar dari zone perakaran tanaman serta mampu memperkecil laju evaporasi. Dengan demikian, ketersediaan air akan melarutkan unsur hara dalam tanah yang akan digunakan tanaman untuk pertumbuhan.

Biochar merupakan bahan pembenah tanah yang telah lama dikenal dalam bidang pertanian yang berguna untuk meningkatkan produktivitas tanah. Berdasarkan beberapa hasil penelitian, efek positif biochar dapat mempengaruhi sifat biologi tanah yaitu dapat mempengaruhi populasi dan aktivitas mikroorganisme yang berada di dalam tanah. Menurut hasil penelitian Graber dkk. (2010), kehadiran biochar dapat merangsang populasi rhizobakteria dan fungsi yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini diakibatkan oleh perubahan komposisi dan aktivitas enzim di daerah sekitar perakaran yang meningkat selain itu penambahan biochar juga dapat meningkatkan daya tumbuh (viabilitas). Menurut Evizal dkk (2023), aplikasi biochar ke dalam tanah mampu meningkatkan kehidupan mikroba, meso dan makro fauna tanah.

Biochar adalah suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi, dengan menggunakan gas, uap air dan bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka (Maulida dkk., 2015). Biochar merupakan adsorben yang sangat bagus dan banyak digunakan karena luas permukaan dan volume mikropori sangat besar, dan relatif mudah di regenerasi.

2.4 Peranan Air Tanah dan Pengelolaannya dengan Sistem Irigasi

Pemberian air untuk memenuhi kebutuhan air pada tanaman melalui pengairan lahan biasa disebut dengan irigasi. Pemberian air dengan sistem irigasi tertentu identik dengan jenis dan kebutuhan air pada setiap tanaman. Ketersediaan air bagi tanaman mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pemberian air dari sistem irigasi yang terbatas menyebabkan cekaman (kekurangan) air yang dapat berakibat buruk karena akan mengganggu proses-proses metabolisme dalam tubuh

tanaman. Menurut penelitian Moctava dkk. (2013), pada perlakuan 70% kapasitas lapang menghasilkan jumlah daun dan bobot segar sawi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan 30% kapasitas lapang. Kelembaban tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Ketidaksesuaian kelembaban tanah disebabkan oleh suplai air tidak diberikan dalam jumlah yang tepat (Adams dkk., 2012). Kondisi lingkungan tertentu tanaman sawi dapat mengalami defisit air yang mengakibatkan cekaman air pada tanaman, sehingga defisit air akan menyebabkan penurunan gradien potensial air antara tanah-akar-daun-atmosfer, sehingga laju transpor air dan hara menurun yang dapat mempengaruhi hasil bobot segar tanaman sawi (Taiz dkk., 2002).

Pertumbuhan tanaman peka terhadap cekaman air yang berhubungan dengan menurunnya turgoditas yang dapat menghentikan pembelahan dan pembesaran sel sehingga ukuran organ-organ tanaman menjadi lebih kecil (Manan dkk., 2016). Kekeringan menghambat pertumbuhan tanaman, khususnya pertumbuhan vegetatif. Hambatan pertumbuhan vegetatif dapat berupa menurunnya laju pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun maupun luas daun. Pengaruh negatif dari kekeringan pada tanaman adalah sangat berpengaruh pada pertumbuhan, perkembangan, integritas membran, tekanan osmotik dan hasil tanaman (Praba dkk., 2009). Menurut Sari dkk. (2018), berat basah tanaman dipengaruhi oleh kelembaban serta kadar air didalam jaringan. Menurut Suhenda dkk. (2021), bahwa kandungan air di dalam tanaman akan meningkat sejalan dengan peningkatan kandungan nitrogen sehingga dapat meningkatkan bobot berat basah suatu tanaman. Air sebagai substansi pelarut dan hara tanaman berperan menentukan kesuburan tanah sebagaimana mikrobiologi yang ada dalam tanah berperan sebagai agenaktivator kesuburan tanah (Kurniati, 2014).

2.5 Mikrokontroler Arduino UNO

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer* (Riskiono dkk., 2020.). Mikrokontroler merupakan sistem

komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik (Phelia dkk., 2021). Arduino UNO adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328 (Rikendry dkk., 2007). Board ini memiliki 14 digital input/output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset (Kristiawan dkk., 2021). Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya (Setiawan dkk., 2021). Arduino ini merupakan sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (Adhinata dkk., 2021). Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya (Puspaningrum dkk., 2020).

Perancangan Arduino yang ditujukan untuk sistem irigasi, perlu disiapkan komponen-komponen pendukungnya seperti sensor kelembaban tanah, LCD, relay, dan pompa air. Perancangan perangkat lunak pada Arduino dilakukan dengan pengaturan set point nilai batas atas dan batas bawah nilai kelembaban tanah. Pemrograman dilakukan dengan menggunakan software Arduino IDE. Caranya yaitu dengan memasukkan kode yang terdiri dari fungsi LCD, relay dan sensor. (Putri, 2018).

Arduino UNO dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis dalam proses berkerja Arduino UNO. Suplai eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah center-positive plug yang panjangnya 2,1 mm ke power jack dari board. Kabel lead dari sebuah baterai dapat dimasukkan dalam header/kepala pin G round (Gnd) dan pin Vn dari konektor power. Board Arduino UNO dapat beroperasi pada sebuah supla eksternal 6 - 20 Volt. Jika disuplai dengan yang lebih kecil dari 7 V pada board Arduino UNO bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan suplai

yang lebih dari besar 12 V, volt regulator bisa kelebihan panas dan membahayakan board Arduino UNO. Range yang direkomendasikan adalah 7 - 12 V (Mardika, 2019).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari 2024 hingga Juli 2024 di dalam rumah kaca Laboratorium Lapangan Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Secara detail, lokasi penelitian berada pada koordinat 05°22' LS dan 105°14' BT dengan ketinggian 148 mdpl.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa Arduino UNO, breadboard, sensor kelembaban tanah, monitor, relay, kabel jumper, kabel bintang serabut, adaptor, pompa, pipa ½ in, selang air, alat semai, alat semprot, alat tulis, cangkul, ember, gerinda, kotak pelindung alat, laptop, mikro sd, mistar ukur, nampan, obeng tespen min plus, oven, pisau tipis/cutter, sekop, soulder, spidol, tali rafia, timbangan digital, dan terminal colokan.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air, media tanam (tanah, biochar, pupuk kandang ayam, dan NPK 16:16:16), benih kailan, data logger, lakban, lem tembak, paku, papan kayu, pestisida, fungisida, dan plastik berwarna bening. Dosis dalam menggunakan bahan tanam biochar yaitu 10 ton.ha⁻¹, 20 ton.ha⁻¹, 30 ton.ha⁻¹, dosis NPK yang digunakan yaitu 150 kg.ha⁻¹.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan yang dicobakan menggunakan *single factor* dengan 4 taraf yaitu:

B1 = Tanah (kontrol)

B2 = Biochar 10 ton.ha⁻¹

B3 = Biochar 20 ton.ha⁻¹

B4 = Biochar 30 ton.ha⁻¹

Percobaan menggunakan 4 perlakuan dengan 4 ulangan, sehingga terdapat 16 satuan percobaan. Setiap petakan perlakuan berukuran 140 cm x 100 cm, dengan petak ulangan 35 cm x 100 cm pada setiap perlakuan. Tata letak percobaan dapat dilihat pada Gambar 2.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari perakitan arduino uno, pembuatan petak dan saluran air, penyiapan media tanam, kalibrasi alat, penyemaian, pemindahan tanam, pemilihan sampel tanaman, pemeliharaan, dan pemanenan.

3.4.1 Perakitan Arduino UNO

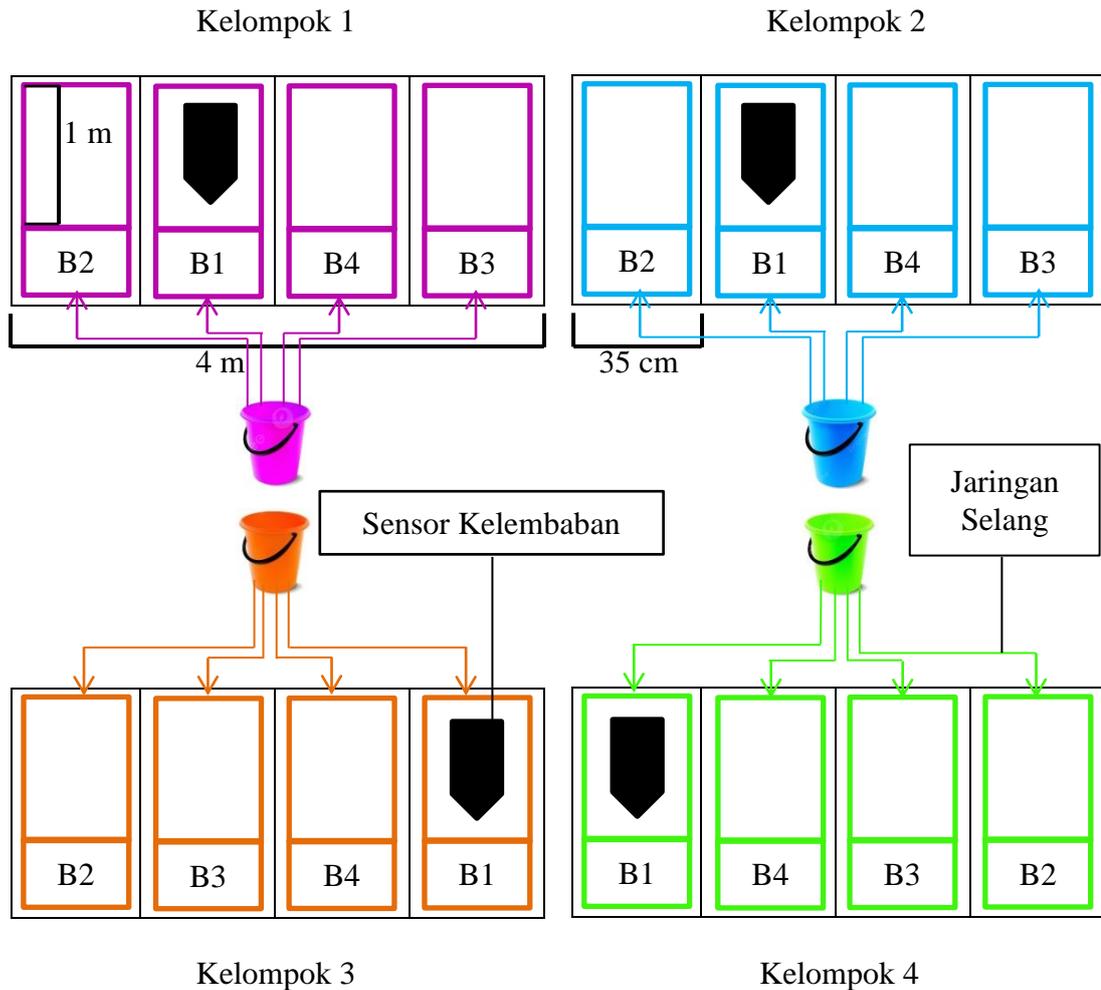
Arduino UNO perlu dirakit agar semua komponen-komponen yang diperlukan untuk kepentingan penelitian dapat terintegrasikan dan berjalan dengan optimal. Hal pertama yang perlu dilakukan yaitu perisapan alat dan bahan yang diperlukan. Alat dan bahan yang perlu disiapkan yaitu Arduino UNO, relay 4 cenel, kabel jumper, sensor kelembaban tanah, data logger, modul RTC, dan pompa celup. Setelah perakitan selesai barulah pemrograman Arduino UNO dilakukan yaitu dengan menuliskan perintah dengan bahasa pemrograman pada aplikasi Arduino UNO. Setelah itu dilakukan pengujian modul-modul serta mengintegrasikan modul tersebut dengan program untuk mengendalikan sistem agar menjadi satu kesatuan yang utuh dan diperoleh hasil yang maksimal.

Sistem otomatis merupakan salah satu komponen yang mempunyai peran yang sangat penting adalah sensor. Sensor inilah yang akan mengatur kadar air dan memberikan informasi data yang selanjutnya akan diolah menggunakan sebuah mikrokontroler. Apabila besaran hasil pembacaan sensor telah melewati batas minimum dan maksimum, maka arduino akan meneruskan sebagai keluaran (*output*) pada relay. Dengan demikian relay akan memberikan sinyal *on / off* pada pompa irigasi. Kemudian sistem akan beroperasi secara otomatis sesuai dengan perintah dari mikrokontroler melalui pembacaan nilai kadar air tanah. Proses tersebut berulang terus menerus hingga kadar air tanah selalu berada pada kisaran antara titik keritis dan kapasitas lapang.

3.4.2 Pembuatan Petak dan Saluran Air

Petak perlakuan dibuat berbentuk kotak dengan memanfaatkan kayu bekas yang sudah tidak terpakai dengan panjang kotak 140 cm, lebar 100 cm dan tinggi kotak 30 cm. Petak perlakuan yang sudah jadi selanjutnya dialasi dengan plastik bening agar air tetap berada pada petak perlakuan, sehingga kita dapat mengatur cekaman air pada setiap petak perlakuan. Setelah itu setiap kotak dibagi empat kotak yang nantinya akan digunakan sebagai ulangan pada tiap perlakuan. Panjang tiap ulangan mencapai 35 cm².

Saluran air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari selang dengan ukuran 1/4 inci dengan panjang 1,4 m² yang digunakan sebagai aliran air. Sebelum digunakan selang dilubangi terlebih dahulu menggunakan solder agar besar lubang setiap sisi sama, jarak antar lubang kurang lebih 10 cm. Setelah selang terlubangi semua barulah selang disambungkan dengan pompa air. Posisi selang pada setiap kotak harus mengelilingi lubang tanam, yang fungsinya agar setiap tanaman menerima air dengan porsi yang sama.



Gambar 2. Tata Letak Penelitian

Keterangan:

B1 = Tanah (kontrol)

B2 = Biochar 10 ton.ha⁻¹

B3 = Biochar 20 ton.ha⁻¹

B4 = Biochar 30 ton.ha⁻¹

3.4.3 Penyiapan Media Tanam

Media yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah yang diambil dari lahan sekitar LTPD Fakultas Pertanian Unila. Setiap petak diisi tanah ± 126 kg, kemudian petakan yang sudah diisi tanah diberikan pupuk kandang ayam dan biochar dengan dosis biochar sesuai dengan perlakuan yakni B1;B2;B3;B4 dan pupuk kandang ayam sebanyak 10 ton.ha⁻¹. Media tanam juga diberikan pupuk NPK mutiara 16:16:16 sebagai pupuk dasar dengan dosis 150 kg ha⁻¹.

3.4.4 Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat dilakukan dengan cara menguji sensor kelembaban tanah dengan tujuan didapatkan persamaan nilai sensor dengan nilai kadar air tanah. Kegiatan ini diawali dengan membasahi tanah hingga seluruh ruang porinya terisi sampai meluap (jenuh), kemudian dibiarkan semalam hingga air tidak lagi menetes dari tanah tersebut. Setelah itu, sensor ditancapkan pada tanah tersebut untuk mengetahui nilai sensor dan kadar airnya. Kemudian tanah yang sudah pada posisi jenuh, kemudian dilakukan pengukuran kadar air dengan metode gravimetrik.

Metode ini bertujuan untuk menentukan berapa persen kandungan air yang tersedia di dalam tanah. Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel pada tanah sebanyak 20 gram, kemudian sampel tersebut dikeringkan dengan oven dengan suhu 105°C selama ± 5 menit, proses pengeringan tersebut dilakukan sebanyak 5 kali. Proses pengeringan dilakukan diharapkan air yang terkandung di dalam tanah berkurang hingga kadar air pada tanah mencapai 0%. Kadar air dihitung dengan menggunakan metode Thorntwaite:

$$\theta_{wfc} = \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \text{ (Gustama, 2012)}$$

Pengolahan data akan dilakukan dengan menyamakan nilai yang telah didapatkan sehingga didapatkan persamaan nilai sensor dan nilai kadar air tanah. Kemudian dibuat grafik regresi linier untuk mendapatkan rumus $y = ax + bx$ yang akan digunakan pada coding arduino IDE. Kadar air yang telah didapatkan akan di konversikan, dimana nilai kadar air 100% itu sama dengan nilai kadar air kapasitas lapang 46%. Pada nilai kadar air 0% itu sama dengan nilai kadar air kapasitas lapang 26%. Hal ini dikarenakan menurut (Arimbi, 2011) menyatakan bahwa nilai kadar air kapasitas lapang pada tanah di LTPD adalah 46%, sedangkan titik layu permanennya adalah 26%. Berikut adalah data sifat fisika tanah yang digunakan pada penelitian yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Sifat Fisika Tanah yang Digunakan pada Penelitian

	Kedalaman Tanah pada Zona Pengakaran	
	0-20 cm	20-40 cm
Pasir (%)	39,30	35,24
Debu (%)	24,31	16,21
Liat (%)	36,39	48,55
Kelas tekstur	Lempung berliat	Liat
Berat isi (γ_b) (g/cm ³)	1,16	1,19
Kapasitas lapang (θ_{fc}) (%V)	38,85	45,90
Titik layu (θ_{pwp}) (%V)	22,20	26,23
Air tersedia (θ_{AW}) (%V)	16,65	19,67

Sumber: Arimbi, 2011; Lab. Ilmu Tanah, 2011; Lab. TSDAL, 2011.

3.4.5 Penyemaian

Benih kailan disemai pada tray persemaian yang berisi media berupa tanah, kemudian diletakan pada tray persemaian. Media disiram dengan sedikit air sehingga menjadi lembab. Setelah itu benih ditanam pada tray, dimana setiap lubang tray berisi 2 benih kailan. Benih kailan yang sudah berusia 10-14 hari setelah semai atau yang sudah memiliki 3-4 daun dapat dipindahkan dalam petak percobaan.

3.4.6 Pemandahan Tanam

Pemandahan tanam bibit (*transplanting*) kailan ke lahan dilakukan saat berusia 10-14 hari setelah semai atau yang sudah memiliki 3-4 daun. Tiap petakan yang akan ditanami kailan sebelumnya disemprot dengan fungisida berbahan aktif Mankozeb 80 % untuk mencegah pertumbuhan jamur dan merapikan permukaan media tanam untuk memudahkan penanaman. Selanjutnya, bibit ditanam pada jarak tanam 20 x15 cm dengan jumlah bibit kailan sebanyak 10 tanaman per petak.

3.4.7 Pemilihan Sampel Tanaman

Pemilihan sampel dilakukan sebelum tanaman diberikan perlakuan dosis pupuk NPK. Tanaman yang dijadikan sampel sejumlah 5 yang dipilih secara acak pada setiap petak. Setiap kelompok (ulangan) berjumlah 4 petak sehingga jumlah keseluruhan sampel terdapat 80 tanaman kailan.

3.4.8 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kailan terdiri dari penyiangan gulma, pemberian pupuk, pengendalian hama dan pengendalian penyakit.

3.4.8.1 Penyiangan Gulma

Penyiangan gulma dilakukan dengan cara mencabut tumbuhan gulma yang tumbuh di sekitar tanaman kailan. Kegiatan ini dilakukan setiap adanya gulma pada tiap petakan perlakuan.

3.4.8.2 Pemberian Pupuk

Pemupukan dilakukan sebanyak 1 kali, yaitu dilakukan pemupukan anorganik (NPK) dengan dosis 150 gr.ha^{-1} pada 15 HST. Pengaplikasian pupuk dilakukan dengan cara disebar.

3.4.8.3 Pengendalian Hama dan Penyakit

Hama yang biasa ditemukan dalam budidaya kailan adalah ulat dan belalang. Hama tersebut dapat dikendalikan dengan cara aplikasi insektisida atau dengan cara mekanik. Tanaman yang terdapat penyakit, yaitu dilakukan pengendalian secara kimiawi dengan cara disemprot dengan menggunakan fungisida dengan bahan aktif yaitu *Antracol*, konsentrasi 2 g/L. Kemudian, tanaman yang terserang penyakit dicabut dan dibuang agar tidak terjadi penularan pada tanaman lainnya.

3.4.9 Pemanenan

Pemanenan kailan dilakukan pada umur 4 minggu setelah tanam dengan mencabut tanaman beserta akarnya. Setelah itu, dibersihkan menggunakan air pada bagian akar dan daunnya sampai bersih. Tanaman kailan yang telah bersih diberi label sesuai sampel, perlakuan, dan ulangan percobaan.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan dilakukan pada setiap sampel tanaman kailan, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, lebar tajuk, lebar daun, panjang akar, diameter batang, bobot segar, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan kadar air harian.

3.5.1 Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman kailan dilakukan pada 1, 2, 3, dan 4 minggu setelah tanam. Tinggi tanaman kailan diukur dari atas permukaan tanah sampai titik tumbuh menggunakan penggaris.

3.5.2 Jumlah Daun

Jumlah daun tanaman kailan dihitung pada 1, 2, 3, dan 4 minggu setelah tanam. Pengukuran diambil dari daun paling bawah hingga pucuk. Daun yang telah membuka sempurna yang dapat dihitung.

3.5.3 Lebar Daun

Pengukuran lebar daun tanaman kailan dilakukan pada 1, 2, 3, dan 4 minggu setelah tanam. Lebar daun diukur pada daun yang sama setiap minggunya dengan menggunakan penggaris.

3.5.4 Lebar Tajuk

Pengukuran lebar tajuk dilakukan menggunakan penggaris yang dilihat dari diameter tanaman (mekaran daun). Pengukuran ini dilakukan pada 2, 3, dan 4 minggu setelah tanam.

3.5.5 Panjang Akar

Pengukuran panjang akar tanaman kailan dilakukan pada saat panen dengan mengukur pangkal akar (akar pertama tumbuh) hingga ujung akar dengan menggunakan penggaris.

3.5.6 Diameter Batang

Pengukuran diameter batang tanaman kailan dilakukan saat panen menggunakan jangka sorong. Diameter diukur di bagian batang terbesar yang mulus (tidak bertemu dengan buku batang).

3.5.7 Bobot Segar Tanaman

Bobot segar diukur menggunakan timbangan digital. Pengukuran bobot segar dengan menimbang kailan yang meliputi sampel. Tanaman kailan dicuci terlebih dahulu daun dan akarnya untuk menghilangkan tanah yang masih terbawa dari lahan. Setelah itu, tanaman kailan dianginkan dan menyekanya menggunakan tisu

3.5.8 Bobot Kering Tanaman

Tanaman kailan yang telah dipisahkan dari akar kemudian dibungkus menggunakan kertas dan diberi nama berdasarkan sampel, perlakuan, dan ulangan percobaan. Selanjutnya, dikering anginkan selama 4 hari hingga kadar airnya berkurang di rumah kaca. Sampel di oven pada suhu 105°C selama 1 x 24 jam. Penimbangan bobot kering dilakukan dengan menggunakan timbangan digital.

3.5.9 Bobot Basah Akar

Akar yang telah dipisahkan dari tajuk tanaman kailan kemudian dicuci dengan menggunakan air hingga tidak ada tanah yang menempel. Akar ditimbang bobot basah akarnya dengan menggunakan timbangan digital.

3.5.10 Bobot Kering Akar

Akar yang telah dipisahkan dari tajuk tanaman kailan kemudian dibungkus dengan koran. Setelah dibungkus lalu dimasukkan ke dalam bungkus tajuk. Selanjutnya, dikering anginkan selama 4 hari hingga layu dan kadar airnya berkurang di rumah kaca LTPD. Sampel di oven pada suhu 105°C selama 1 x 24 jam. Penimbangan bobot kering dilakukan setelah pengovenan dengan menggunakan timbangan digital.

3.5.11 Kadar Air Harian

Pada tiap perlakuan dilakukan pengecekan kadar air tanah kapasitas lapang setiap harinya. Nilai kadar air tanah tersebut diambil dengan menggunakan alat bantu mikrokontroler arduino uno.

3.6 Analisis Data

Data hasil penelitian diolah dengan menggunakan analisis ragam, sebelumnya diuji homogenitasnya dengan uji Bartlett dan aditivitas dengan uji Tuckey. Apabila asumsi terpenuhi, dilakukan analisis ragam yang bila memiliki hasil nyata dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah menggunakan uji nilai tengah menggunakan uji DMRT (*Duncan multiple range test*) pada taraf nyata 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian dosis biochar yang berbeda pada media tanam berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan. Hal ini dapat dilihat dari tingginya pertumbuhan dan produksi tanaman kailan pada penerapan dosis biochar 30 ton.ha⁻¹ yang secara signifikan berpengaruh pada tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, lebar tajuk, diameter batang, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman. Tingginya hasil produksi membuktikan bahwa biochar mampu memberikan pengaruh dalam peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman dalam kondisi kadar air terbatas, yaitu dengan diterapkannya kadar air tanah 20-40%. Namun, tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar, bobot basah akar, dan bobot kering akar.

Rekapitulasi hasil analisis ragam seluruh variabel yang diukur disajikan pada Tabel 2.

4.1.1 Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penerapan biochar berpengaruh nyata terhadap variabel tinggi tanaman dibandingkan dengan perlakuan kontrol, tetapi tidak ada perbedaan pengaruh dosis biochar terhadap tinggi tanaman. Perlakuan yang menghasilkan tinggi tanaman tertinggi yaitu pada dosis biochar 30 ton.ha⁻¹ dengan selisih tinggi tanaman 5,98 cm dari perlakuan tanpa aplikasi biochar (kontrol). Hasil analisis pemberian biochar dengan dosis yang berbeda terhadap tinggi tanaman tertera pada Tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Data Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, Lebar Daun, Lebar Tajuk, Panjang Akar, Bobot Segar Akar, Bobot Kering Akar, Diameter Batang, Bobot Segar Tanaman, Bobot Kering Tanaman

Variabel	Perlakuan
Tinggi tanaman (cm)	*
Jumlah daun (helai)	*
Lebar daun (cm)	*
Lebar tajuk (cm)	*
Panjang akar (cm)	tn
Bobot basah akar (g)	tn
Bobot kering akar (g)	tn
Diameter batang (cm)	*
Bobot basah tanaman (g)	*
Bobot kering tanaman (g)	*

Keterangan:

* = Nyata taraf α 5%

tn = Tidak nyata taraf α 5%

Tabel 3. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Tinggi Tanaman Kailan

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
Kontrol (tanpa biochar)	26,21 \pm 0,96 b
Biochar 10 ton.ha ⁻¹	30,59 \pm 1,27 a
Biochar 20 ton.ha ⁻¹	31,56 \pm 1,01 a
Biochar 30 ton.ha ⁻¹	32,19 \pm 0,50 a

Keterangan:

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka belakang \pm adalah standar error

4.1.2 Jumlah Daun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian biochar dengan dosis yang berbeda berpengaruh nyata terhadap variabel jumlah daun, namun tidak ada perbedaan pada perlakuan kontrol dan biochar dengan dosis 10 ton.ha⁻¹ terhadap jumlah daun. Hal yang sama juga terjadi antar dosis biochar yang tidak ada perbedaan terhadap jumlah daun. Pemberian biochar dengan dosis 30 ton.ha⁻¹

menghasilkan rata-rata jumlah daun terbanyak dengan selisih 2 helai dari perlakuan tanpa aplikasi biochar (kontrol). Hasil analisis pemberian biochar dengan dosis yang berbeda terhadap jumlah daun disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Jumlah Daun Tanaman Kailan

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)
Kontrol (tanpa biochar)	11,80 ± 0,36 b
Biochar 10 ton.ha ⁻¹	12,75 ± 0,70 ab
Biochar 20 ton.ha ⁻¹	13,45 ± 0,26 a
Biochar 30 ton.ha ⁻¹	13,70 ± 0,13 a

Keterangan:

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka belakang ± adalah standar eror

4.1.3 Lebar Daun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian biochar berpengaruh nyata terhadap variabel lebar daun dibandingkan dengan perlakuan kontrol, tetapi tidak ada perbedaan pengaruh dosis biochar terhadap lebar daun tanaman.

Pemberian biochar dengan dosis 20 ton.ha⁻¹ menghasilkan rata-rata lebar daun terlebar dengan selisih 1,5 cm dari perlakuan tanpa aplikasi biochar (kontrol).

Hasil analisis pemberian biochar dengan dosis yang berbeda terhadap lebar daun disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Lebar Daun Tanaman Kailan

Perlakuan	Lebar Daun (cm)
Kontrol (tanpa biochar)	7,35 ± 0,21 b
Biochar 10 ton.ha ⁻¹	8,04 ± 0,45 a
Biochar 20 ton.ha ⁻¹	8,79 ± 0,37 a
Biochar 30 ton.ha ⁻¹	8,85 ± 0,33 a

Keterangan:

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka belakang ± adalah standar eror

4.1.4 Lebar Tajuk

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian biochar berpengaruh nyata terhadap variabel lebar daun dibandingkan dengan perlakuan kontrol, tetapi tidak ada perbedaan pengaruh dosis biochar terhadap lebar tajuk tanaman.

Pemberian biochar dengan dosis 30 ton.ha⁻¹ menghasilkan rata-rata lebar tajuk terbaik dengan selisih 4,84 cm dari perlakuan tanpa aplikasi biochar (kontrol).

Hasil analisis pemberian biochar dengan dosis yang berbeda terhadap lebar tajuk tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Lebar Tajuk Tanaman Kailan

Perlakuan	Lebar Tajuk (cm)
Kontrol (tanpa biochar)	19,32 ± 0,23 b
Biochar 10 ton.ha ⁻¹	22,91 ± 1,36 a
Biochar 20 ton.ha ⁻¹	24,01 ± 1,21 a
Biochar 30 ton.ha ⁻¹	24,17 ± 0,70 a

Keterangan:

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka belakang ± adalah standar error

4.1.5 Panjang Akar, Bobot Basah Akar, dan Bobot Kering Akar

Hasil percobaan menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar, bobot basah akar, dan bobot kering akar tanaman kailan.

Rata-rata panjang akar, bobot basah akar, dan bobot kering akar terbesar pada perlakuan biochar 10 ton.ha⁻¹ dengan selisih masing-masing 0,58; 0,36; 0,05 dari perlakuan tanpa aplikasi biochar (kontrol). Hasil analisis pemberian biochar dengan dosis yang berbeda terhadap panjang akar, bobot basah akar, dan bobot kering akar tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Panjang Akar, Bobot Basah Akar, dan Bobot Kering Akar Tanaman Kailan

Perlakuan	Panjang Akar (cm)	Bobot Basah Akar (g)	Bobot Kering Akar (g)
Kontrol (tanpa biochar)	16,70 ± 1,11 a	0,44 ± 1,11 a	0,08 ± 0,02 a
Biochar 10 ton.ha ⁻¹	17,28 ± 0,99 a	0,80 ± 0,26 a	0,13 ± 0,05 a
Biochar 20 ton.ha ⁻¹	15,97 ± 0,53 a	0,64 ± 0,13 a	0,12 ± 0,03 a
Biochar 30 ton.ha ⁻¹	17,16 ± 1,09 a	0,76 ± 0,21 a	0,12 ± 0,03 a

Keterangan:

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka belakang ± adalah standar eror

4.1.6 Diameter Batang

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian biochar dengan dosis yang berbeda berpengaruh nyata terhadap variabel diameter batang, namun tidak ada perbedaan pada perlakuan kontrol dan biochar dengan dosis 10 ton.ha⁻¹ terhadap diameter batang. Hal yang sama juga terjadi antar dosis biochar yang tidak ada perbedaan terhadap diameter batang. Pemberian biochar dengan dosis 30 ton.ha⁻¹ menghasilkan rata-rata diameter batang terbaik dengan selisih 2,67 cm dari perlakuan tanpa aplikasi biochar (kontrol). Hasil analisis pemberian biochar dengan dosis yang berbeda terhadap diameter batang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Diameter Batang Tanaman Kailan

Perlakuan	Diameter Batang (mm)
Kontrol (tanpa biochar)	6,62 ± 0,24 b
Biochar 10 ton.ha ⁻¹	7,84 ± 0,95 ab
Biochar 20 ton.ha ⁻¹	8,71 ± 0,55 a
Biochar 30 ton.ha ⁻¹	9,29 ± 0,27 a

Keterangan:

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka belakang ± adalah standar eror

4.1.7 Bobot Segar Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian biochar dengan dosis yang berbeda berpengaruh nyata terhadap variabel bobot segar tanaman, namun tidak ada perbedaan pada perlakuan kontrol dan biochar dengan dosis 10 ton.ha⁻¹ terhadap bobot segar tanaman. Hal yang sama juga terjadi antar dosis biochar yang tidak ada perbedaan terhadap bobot segar tanaman. Pemberian biochar dengan dosis 30 ton.ha⁻¹ menghasilkan rata-rata bobot segar tanaman tertinggi dengan selisih 12,56 g dari perlakuan tanpa aplikasi biochar (kontrol). Hasil analisis pemberian biochar dengan dosis yang berbeda terhadap bobot segar tanaman dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Bobot Segar Tanaman Kailan

Perlakuan	Bobot Segar Tanaman (g/tanaman)
Kontrol (tanpa biochar)	16,03 ± 0,71 b
Biochar 10 ton.ha ⁻¹	20,63 ± 3,98 ab
Biochar 20 ton.ha ⁻¹	28,52 ± 2,21 a
Biochar 30 ton.ha ⁻¹	28,59 ± 3,00 a

Keterangan:

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka belakang ± adalah standar eror

4.1.8 Bobot Kering Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian biochar dengan dosis yang berbeda berpengaruh nyata terhadap variabel bobot kering tanaman, namun tidak ada perbedaan pada perlakuan kontrol dan biochar dengan dosis 10 ton.ha⁻¹. Hal yang sama juga terjadi antar dosis biochar yang tidak ada perbedaan terhadap bobot kering tanaman. Pemberian biochar dengan dosis 30 ton.ha⁻¹ menghasilkan rata-rata bobot kering tanaman tertinggi dengan selisih 1,01 g dari perlakuan tanpa aplikasi biochar (kontrol). Hasil analisis pemberian biochar dengan dosis yang berbeda terhadap bobot kering tanaman dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengaruh Perlakuan Pemberian Biochar dengan Dosis yang Berbeda terhadap Bobot Kering Tanaman Kailan

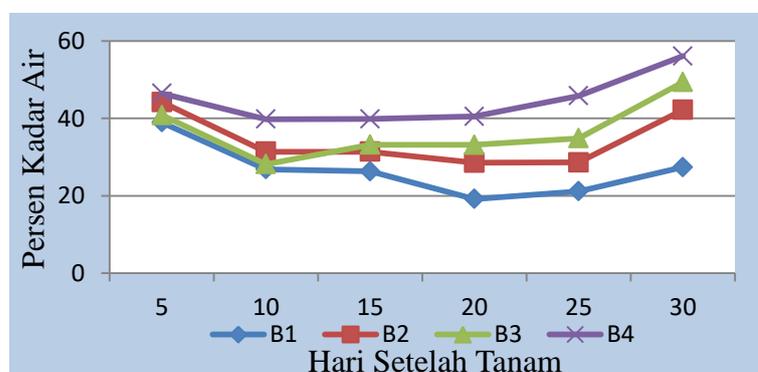
Perlakuan	Bobot Kering Tanaman (g/tanaman)
Kontrol (tanpa biochar)	1,29 ± 0,07 b
Biochar 10 ton.ha ⁻¹	1,91 ± 0,28 ab
Biochar 20 ton.ha ⁻¹	2,16 ± 0,20 a
Biochar 30 ton.ha ⁻¹	2,29 ± 0,19 a

Keterangan:

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Angka belakang ± adalah standar eror

4.1.9 Persen Kadar Air Tanah Harian

Kadar air tanah pada setiap petak perlakuan diukur setiap harinya dengan menggunakan sensor kelembaban tanah. Berdasarkan pada trendline pada grafik dapat dikatakan bahwa semakin tinggi dosis biochar maka kadar air tanah akan semakin meningkat. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa perlakuan pemberian biochar dengan dosis 30 ton.ha⁻¹ memiliki persen kadar air tanah tertinggi yaitu mencapai 59% dibandingkan dengan persen kadar air tanah pada perlakuan lainnya. Pemberian dosis biochar 20 ton.ha⁻¹ kadar air kapasitas lapang mencapai 52%, 10 ton.ha⁻¹ mencapai 44%, dan perlakuan kontrol mencapai 29%. Persen kadar air tanah terendah terdapat pada perlakuan kontrol yaitu tanpa aplikasi biochar. Grafik persen kadar air tanah selama 30 hari dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik persen kadar air tanah.

4.1.10 Pertumbuhan Tanaman Kailan selama 4 mst

Tanaman kailan yang dipakai pada penelitian ini dilakukan dari menyemai benih kemudian di tanam pada petakan sesuai dengan perlakuannya dengan umur 2 minggu setelah semai. Tanaman kailan yang ditanam memiliki tinggi rata-rata 7,60 cm dan jumlah daun sebanyak 4 helai. Tanaman kailan menunjukkan pertumbuhan yaitu pada umur 1 mst dimana pertambahan tinggi, jumlah daun, dan lebar daun bertambah. Tanaman kailan pada umur 2 mst diameter batang semakin terlihat pertambahannya. Pertumbuhan tanaman kailan terus mengalami penambahan hingga umur 3 dan 4 mst.



Gambar 4. Penampakan visual pertumbuhan tanaman kailan pada: (a) 1 mst, (b) 2 mst, (c) 3 mst, (d) 4 mst.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Pemberian biochar berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan. Pemberian biochar dengan berbagai dosis yang berbeda tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan akar. Dosis biochar terbaik pada pertumbuhan dan produksi tanaman kailan adalah 20 ton.ha^{-1} ;
- (2) Semakin tinggi dosis biochar, maka kadar air tanah kapasitas lapang semakin meningkat. Secara berturut-turut kadar air tanah kapasitas lapang akibat pemberian biochar 30 ton.ha^{-1} ; 20 ton.ha^{-1} ; 10 ton.ha^{-1} , mampu meningkatkan ketersediaan air masing-masing hingga 59% ; 52% ; 44%. Oleh karena itu, pemberian dosis biochar 30 ton.ha^{-1} adalah dosis terbaik dalam meningkatkan ketersediaan air pada tanaman kailan.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan untuk persen kadar air ditingkatkan lebih dari 40% agar bobot segar tanaman kailan dapat memenuhi pertumbuhan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, H. D., Luce, C. H., Breshears, D., Allen, C. D., Weiler, Hale, V. C., dan Huxman, T. E. 2012. Ecohydrological Consequences of Drought-and Infestation-Triggered Tree Die-Off: Insights and Hypothesis. *Ecohydrology*. 5(2):145–159.
- Adhinata, F. D., Rakhmadani, D. P., Wibowo, M., dan Jayadi, A. 2021. A Deep Learning Using DenseNet201 to Detect Masked or Non-masked Face. *JUITA: Jurnal Informatika*. 9(1):115-122.
- Adi, M. Sumiar, H. dan Rizal, A. 2017. Pengaruh Pemberian Biochar dan Pupuk Bregadium terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rapa var. parachinensis* L.). *J. Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*. 1(2):160-174.
- Agviolita, P., Yushardi, Y., dan Anggraeni, F. K. A. 2021. Pengaruh Perbedaan Biochar terhadap Kemampuan Menjaga Retensi pada Tanah. *Jurnal Fisika Unand*. 10(2): 267–273.
- Akmal, S. dan Simanjuntak, B. H. 2019. Pengaruh Pemberian Biochar terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakchoy (*Brassica rapa* Subsp. chinensis). *Agriland: Jurnal Ilmu Pertanian*. 7(2):168-174.
- Anggraini, U. D., Islan, I., dan Syafrinal, S. 2017. Respon Tanaman Kedelai (*Glycine Max* L. Merril) Terhadap Tinggi Muka Air Tanah dan Pemberian Dosis Pupuk Majemuk di Media Gambut. *JOM Faperta*. 4(2):1-14.
- Arief, A. 1990. *Hortikultura: Tanaman Buah-Buahan, Tanaman Sayuran, Tanaman Bunga/Hias*. Andi Offset. Yogyakarta. 98 hlm.
- Asroh, A. dan Danial, E. 2023. Pengaruh POC Limbah Buah dan Biochar Sekam Padi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Pagoda (*Brassica narinosa* L). *Lansium*. 5(1):20-28.
- Ayu, D. 2011. Kajian Komposisi Bahan Dasar dan Kepekatan Larutan Nutrisi Organik untuk Budidaya Baby Kailan (*Brassica oleraceae* Var. alboglabra) dengan Sistem Hidroponik Substrat. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

- Badan Pusat Statistik. 2021. *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Indonesia 2021*. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 101 hlm.
- Barus, J., Ernawati, R. E. R., Wardani, N., Pujiharti, Y., Suretno, N. D., dan Slameto, S. 2023. Improvement in Soil Properties and Soil Water Content due to the Application of Rice Husk Biochar and Straw Compost in Tropical Upland. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 12(1):85-95.
- BPTP Aceh. 2011. *Arang Hayati (Biochar) sebagai Bahan Pembenh Tanah, Edisi Khusus Penas XIII*. Badan Litbang Pertanian. BPTP Nangroe Aceh Darussalam. 22 hlm.
- Darmawan. 2009. *Kailan dan Budidayanya*. Penebar Swadaya. Jakarta. 142 hlm.
- Demirbas, A. 2004. Effects of Temperature and Particle Size on Biochar Yield from Pyrolysis of Agricultural Residues. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 72(2):243-248.
- Ekawati, I. dan Isdiantoni, I. 2022. Pkm Kelompok Petani Pulau-pulau Kecil Pembuat Biochar untuk Peningkatan Produksi Palawija. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin*. 5(2):61-68.
- Endriani, A. dan Sunarti, S. 2013. Pemanfaatan Biochar Cangkang Kelapa Sawit sebagai Soil Amandement Ultisol Sungai Bahar-Jambi. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains*. 15(1):39-46.
- Evizal, R. dan Prasmatiwi, F. E. 2023. Biochar: Pemanfaatan dan Aplikasi Praktis. *Jurnal Agrotropika*. 22(1):1-12.
- Farisil, H. A. dan Jasmi. 2020. Pengaruh Pemberian Biochar dan Pupuk Kompos Organik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica oleracea*). *Jurnal Pertanian Agros*. 25(1):88-97.
- Gani, A. 2010. Multiguna Arang - Hayati Biochar. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. *Sinar Tani*. 13(19):1-4.
- Glaser, B., Lehmann, J., dan Zec, W. 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weathered Soils in the Tropics With Charcoal, A Review. *Biol Fertil Soils*. 35(4):219-230.
- Graber, E. R., Harhel, Y. M., Kolton, M., Crtryn, E., Silber, A., David, D.R., Tsechansky, L., Borenshtein, M., dan Elad, Y. 2010. Biochar Impact On Developmenr and Productivity of Papper and Tomato Grown in Fertigated Soillseess Media. *Plant Soil*. 337(1):481-496.

- Gustama, A. 2012. Mempelajari Neraca Air (*Water Balance*) pada Lahan Budidaya Cabai di Laboratorium Lapang Terpadu Universitas Lampung. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hanafiah, K.A. 2010. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT. Rajagrafindo Persada. Jakarta. 386 hlm.
- Hardjowigeno dan Sarwono. 2010. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta. 286 hlm.
- Harjono, M. S. 2001. *Sayur-Sayur Daun Primadona: Budidaya Komoditi yang Tinggi Nilai Ekonominya*. CV Aneka. Solo. 62 hlm.
- Herman, W. dan Resigia, E. 2018. Pemanfaatan Biochar Sekam dan Kompos Jerami Padi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi (*Oryza sativa*) pada Tanah Ordo Ultisol. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 15(1):42-50.
- Kristiawan, N., Ghafaral, B., Borman, R. I., dan Samsugi, S. 2021. Pemberi Pakan dan Minuman Otomatis pada Ternak Ayam Menggunakan SMS. *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*. 2(1):93–105.
- Kurniati, E., Bambang, S., dan Afrilia, T. 2014. Desain Jaringan Irigasi (Springkler Irrigation) pada Tanaman Anggrek. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 8(1):35-45.
- Lehmann J. 2007. Bio-energy in the Black. *Front Ecology Environment*. 5(7):381-387.
- Lingga, L. 2010. *Cerdas Memilih Sayuran*. PT. AgroMedia Pustaka. Jakarta. 418 hlm.
- Lopes, L. D., Hao, J., dan Schachtman, D. P. 2021. Alkaline Soil pH Affects Bulk Soil, Rhizosphere and Root Endosphere Microbiomes of Plants Growing in a Sandhills Ecosystem. *FEMS Microbiology Ecology*. 97(4):1-14.
- Manan, A. A., dan Mahfudz, A. 2016. Pengaruh Volume Air dan Pola Vertikultur terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *NABATIA*. 12(1):33-43.
- Mardika, G.A., dan Rikie, K. 2019. Mengatu Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Y1-69 Berbasis Arduino pada Media Tanam Pohon Gaharu. *Jurnal Of Education And Information Communication Technology*. 3(2):130-140.
- Maulida, R dan Ani, G. 2015. Pengaruh Ukuran Partikel Beras Hitam (*Oryza sativa* L.) terhadap Rendemen Ekstrak dan Kandungan Total Antosianin. *Pharmaciana*. 5(1):9-16.

- Milne, E., D. S. Polwson, and C. E. Cerri. 2007. Soil Carbon Stocks at Regional Scales (preface). *J. Agriculture, Ecosystem and Environmental*. 122(1):1-136.
- Moctava, M. A., Koesriharti, dan Dawam, M. 2013. Respon Tiga Varietas Sawi (*Brassica rapa* L.) terhadap Cekaman Air. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(2):90-98.
- Multazam M., 2012. Uji Dosis Biochar dan Pupuk Nitrogen terhadap Efisiensi Penggunaan Air dan Perbaikan Sifat Fisik Tanah serta Pertumbuhan Jagung pada Tanah Pasiran Lombok Utara. *Skripsi*. Megister Pengelolaan Sumberdaya Lahan Kering. Universitas Mataram. Mataram.
- Nigussie, A., Kissi, E., Misganaw, M., dan Ambaw, G. 2012. Effect of Biochar application on Soil Properties and Nutrient Uptake of Lettuces (*Lactuca sativa*) Grown in Chromium Polluted Soils. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 12(3):369-376.
- Nurjanaty, N., Linda, R., dan Mukarlina, M. 2019. Pengaruh Cekaman Air dan Pemberian Pupuk Daun terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Protobiont*. 8(3):6-11.
- Panataria, L. R. dan Sihombing, P. 2020. Pengaruh Pemberian Biochar dan POC terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa* L.) pada Tanah Ultisol. *Jurnal Rhizobia*, 2(1):1-13.
- Pangaribuan, E. A. S., Darmawati, A., & Budiyanto, S. 2020. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakchoy Pada Tanah Berpasir dengan Pemberian Biochar dan Pupuk Kandang Sapi. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*. 22(2):72-78.
- Pertamawati P. 2012. Pengaruh Fotosintesis terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) dalam Lingkungan Fotoautotrof secara Invitro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 12(1):31-37.
- Phelia, A., Pramita, G., Susanto, T., Widodo, A., Aditomo, R., Indonesia, U. T., Za, J., Alam, P., Ratu, L., Kedaton, K., dan Lampung, K. B. 2021. Peningkatan Pengetahuan Animasi Video dan Robotik dalam Penerapan Project Base Learning di SMA IT Baitul Jannah. *Jurnal Cemerlang : Pengabdian pada Masyarakat pembelajaran yang terbaru untuk meningkatkan kreatif*. 4(1):98-108.
- Praba, M. L., Cairns J. E., Babu R. C., dan Lafitte H. R. 2009. Identification of Physiological Traits Underlying Cultivardifferences in Drought Tolerance in Rice and Wheat. *J. Agro Crop Sci*. 195(1):30-46.

- Prasetya B, Kurniawan S, dan Febriningsih M. 2009. Pengaruh Dosis dan Frekuensi Pupuk Cair terhadap Serapan N dan Pertumbuhan Sawi (*Brassica juncea* L.) pada Entisol. *Jurnal Agritek*. 17(5):1022-1029.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2022. *Statistik Pertanian Agricultural Statistics 2022*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Jakarta. 359 hlm.
- Puspaningrum, A. S., Firdaus, F., Ahmad, I., dan Anggono, H. 2020. Perancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Pada Perangkat Mobile Android Dengan Sensor MQ-2. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*. 1(1):1-10.
- Putranto, D. W., Antono, F. B., Handoko, R., dan Istiadi, I. 2018. Perancangan Sistem Irigasi Otomatis dengan Wireless Sensor Network (Wsn) Berbasis Energi Surya. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*. 9(2):825-832.
- Putri, A. R. 2018. Model Otomatisasi Alat Penyiram Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dan Sensor Kelembaban Tanah Y1-69 pada Tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor* L.). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Rikendry, dan Navigasi, S. 2007. Sistem Kontrol Pergerakan Robot Beroda Pemadam Api. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*. pp:1-4.
- Riskiono, S. D., Susanto, T., dan Kristianto, K. 2020. Rancangan Media Pembelajaran Hewan Purbakala Menggunakan Augmented Reality. *CESS Journal of Computer Engineering, System and Science*. 5(2):199-203.
- Rohmaniati, B. S., Sukartono, S., Fahrudin, F., Kusnarta, I. G. M., dan Susilowati, L. E. 2023. Pemanfaatan Biochar dan Respon Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L) pada Tanah Tercemar Merkuri (Hg): Utilization of Biochar and Growth Response of Green Mustard Plant (*Brassica juncea* L) on Mercury (Hg) Polluted Soil. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*. 9(3):551-562.
- Rubatzky, E. V. dan Yamaguchi, M. 1998. *Sayuran Dunia 2*. ITB. Bandung. 292 hlm.
- Rukmana, R. 2008. *Kubis Bunga dan Broccoli*. Kasinus. Yogyakarta. 76 hlm.
- Safitri, I. N., Setiawati, T. C., dan Bowo, C. 2018. Biochar dan Kompos untuk Peningkatan Sifat Fisika Tanah dan Efisiensi Penggunaan Air. *Techno: Jurnal Penelitian*. 7(01):116-127.
- Samadi, B. 2013. *Budidaya Intensif Kailan Secara Organik dan Anorganik*. Pustaka Mina. Jakarta. 114 hlm.

- Sari, E., Noli, Z. A., dan Suwirman, S. 2018. Pengaruh Pupuk N dan Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Artemisinin Tanaman *Artemisia vulgaris* L. *Jurnal Biologi UNAND*. 6(2):71-78.
- Setiawan, Y., Tanudjaja, H., & Octaviani, S. 2018. Penggunaan Internet of Things (IOT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*. 20(2): 175-182.
- Setiobudio, R. dan Suharyanto, C. E. 2019. Sistem Irigasi Otomatis pada Tanaman Padi Menggunakan Arduino dan Sensor Kelembapan Tanah. *Jurnal Information Communication & Technology*. 18(1):1-10.
- Setiyaningrum, A. A., Darmawati, A., dan Budiyanto, S. 2019. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kailan (*Brassica oleracea*) Akibat Pemberian Mulsa Jerami Padi dengan Takaran yang Berbeda. *J. Agro Complex*. 3(1):75-83.
- Singh, P.A., Bhadauria, S., Vamil, R., dan Sharma. 2012. Comparative Study of Potato Cultivation Through Micropropagation and Coventional Farming Methods. *African Journal of Biotech*. 11(48):10882-10887.
- Silvia, A. F., Haritman, E., dan Muladi, Y. 2016. Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino dan Android. *Electrans*. 13(1):1–10.
- Suhenda, S., Nurjasmi, R., dan Kusuma, A. V. C. 2021. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair Urin Domba terhadap Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan Sistem Sumbu. *Jurnal Ilmiah Respati*. 12(2):101-112.
- Sunarjono, H. H. 2004. *Bertanam 30 Jenis Sayur*. Penebar Swadaya. Jakarta. 210 hlm.
- Surdianto Y, Nutrisna N, Basuno, dan Solihin. 2015. *Panduan Teknis Cara Membuat Arang Sekam Padi*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat. Bandung. 23 hlm.
- Taiz, L. dan Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, inc. Sunderland. 690 hlm.
- Utami, E. S., Sudantha, I. M., dan Suwardji, S. 2015. Keragaman Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays*. L) akibat Pemberian berbagai Aras Biochar dengan Bioaktivator Trichoderma spp. di Lahan Kering. *Ekosains*. 8(02):1-14.
- Wahyudi. 2010. *Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran*. PT. AgroMedia Pustaka. Jakarta. 174 hlm.

- Widiastuti, M. M. D. dan Lantang, B. 2017. Pelatihan Pembuatan Biochar dari Limbah Sekam Padi Menggunakan Metode Retort Kiln (Training on Biochar Production from Rice Husk Using Retort Kiln Method). *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. 3(2):129–135.
- Widowati, W., Asnah, A., dan Sutoyo, S. 2012. Pengaruh Penggunaan Biochar dan Pupuk Kalium terhadap Pencucian dan Serapan Kalium pada Tanaman Jagung. *Buana Sains*. 12(1):83-90.
- Wijayanto, D., Firdonsyah, A., Adhinata, F. D., dan Jayadi, A. 2021. Rancang Bangun Private Server Menggunakan Platform Proxmox dengan Studi Kasus: PT.MKNT. *Journal ICTEE*. 2(2):41-49.