



**RESPON PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN BAYAM
MERAH (*Amaranthus tricolor* L.) SECARA VERTIKULTUR
TERHADAP PENGGUNAAN BIOCHAR DAN PUPUK NPK**

SKRIPSI

Oleh:

**Meri Alda Risma
NIM 181510501146**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2022**



**RESPON PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN BAYAM
MERAH (*Amaranthus tricolor* L.) SECARA VERTIKULTUR
TERHADAP PENGGUNAAN BIOCHAR DAN PUPUK NPK**

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Sarjana pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh:

**Meri Alda Risma
NIM 181510501146**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2022**

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Slamet Efendy, Ibunda Siti Ismiyati, Adik Dhini Isma Wardhani serta Seluruh Keluarga Besar, sebagai ucapan terima kasih tak terhingga atas segala doa, semangat, pengorbanan, dan kasih sayang sampai saat ini;
2. Guru-guru yang telah menempa dan mendidik saya untuk menjadi manusia yang berilmu dan beriman. Guru-guru di SDN Kaliboto Lor 12, SMPN 1 Jatiroto, SMAN 1 Jatiroto dan Dosen-dosen saya di Fakultas Pertanian Universitas Jember serta Guru-guru yang telah memberikan ilmu baik di luar sekolah;
3. Teman-teman dan sahabat yang selalu menemani, menyemangati, dan mendukung selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini;
4. Almamater tercinta Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Bisa jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu. Dan bisa jadi kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

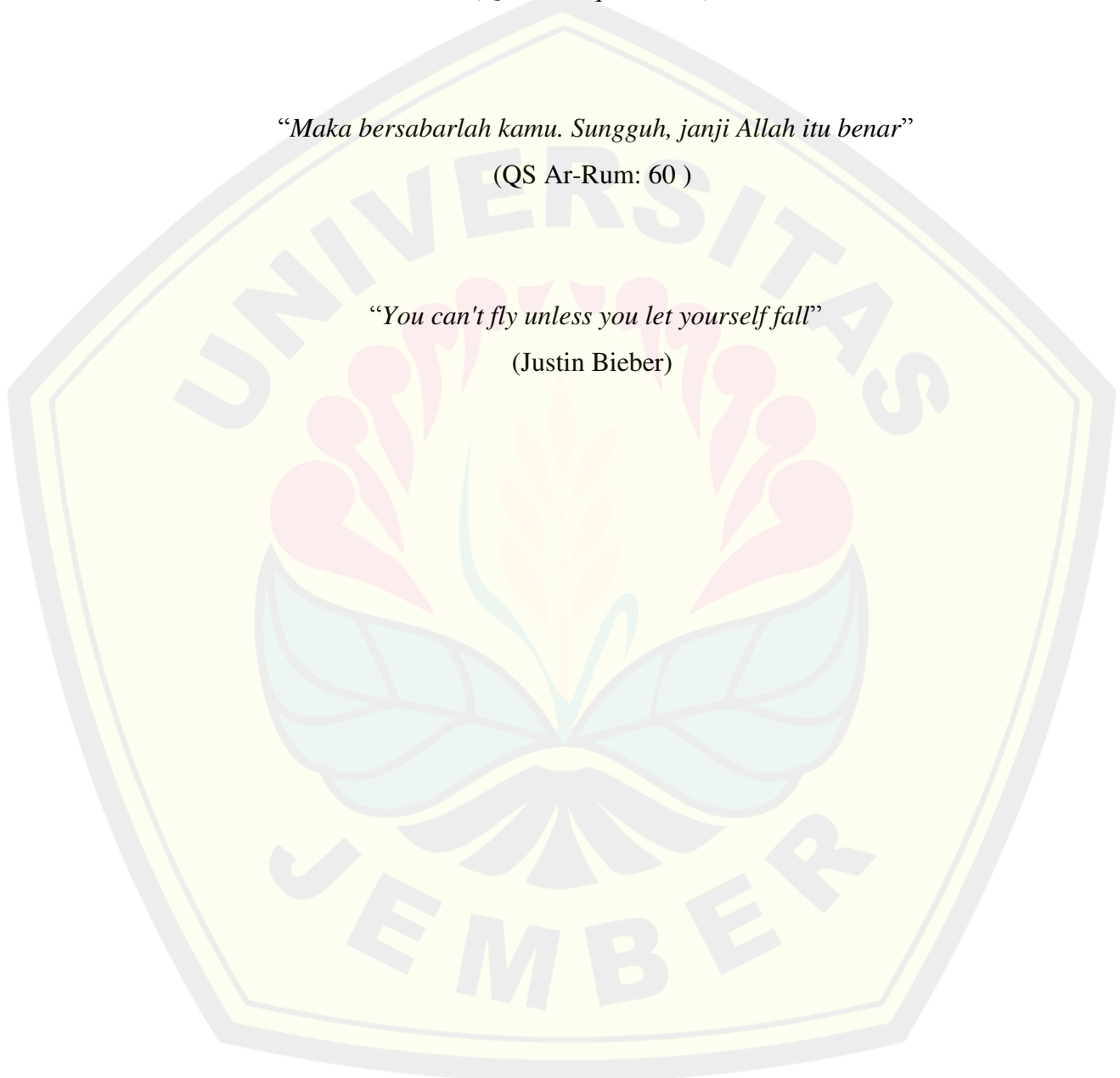
(QS Al-Baqarah: 216)

“Maka bersabarlah kamu. Sungguh, janji Allah itu benar”

(QS Ar-Rum: 60)

“You can't fly unless you let yourself fall”

(Justin Bieber)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Meri Alda Risma

NIM : 181510501146

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “**Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Secara Vertikultur Terhadap Penggunaan Biochar dan Pupuk NPK**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali, kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 01 November 2022

Yang menyatakan,

Meri Alda Risma
NIM. 181510501146

SKRIPSI

**RESPON PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN BAYAM MERAH
(*Amaranthus tricolor* L.) SECARA VERTIKULTUR TERHADAP
PENGUNAAN BIOCHAR DAN PUPUK NPK**

Oleh:

**Meri Alda Risma
NIM 181510501146**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Skripsi : Dr. Ir. Cahyoadi Bowo

NIP. 196103161989021001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Secara Vertikultur Terhadap Penggunaan Biochar dan Pupuk NPK” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 01 November 2022

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Skripsi

Dr. Ir. Cahyadi Bowo
NIP. 196103161989021001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Suci Ristiyana, S.T.P., M.Sc.
NIP. 198801212019032011

Ika Purnamasari, S.Si., M.Si.
NIP. 199108032019032024

Mengesahkan,
Dekan,

Prof. Dr. Ir. Soetriono, M.P.
NIP. 196403041989021001

RINGKASAN

Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Secara Vertikultur Terhadap Penggunaan Biochar dan Pupuk NPK; Meri Alda Risma, 181510501146; 2022: 67 halaman; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Urbanisasi massal menimbulkan permasalahan alih fungsi lahan yang menurunkan kualitas tanah. Biochar ampas tebu merupakan bahan yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah dan sistem pertanian urban metode vertikultur merupakan praktik pertanian yang dapat diterapkan di wilayah perkotaan. Aplikasi biochar dan pupuk NPK menjadi kombinasi yang baik untuk menciptakan media pada budidaya vertikultur. Bayam merah merupakan jenis sayuran yang dapat dipilih pada budidaya pertanian perkotaan metode vertikultur karena memiliki nilai ekonomis dan tingkat konsumsi yang tinggi.

Tujuan Penelitian ini mengetahui pengaruh biochar dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil budidaya tanaman bayam merah secara vertikultur. Mengkaji adanya interaksi antara perlakuan dosis biochar untuk efisiensi dosis pupuk NPK pada budidaya bayam merah secara vertikultur.

Penelitian dilaksanakan di *Screenhouse* UPT Agrotechnopark Universitas Jember. Prosedur penelitian dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan serta instalasi penelitian, menyemai benih, menanam bibit bayam merah pada instalasi vertikultur, dan pengambilan data. Analisis data yang digunakan adalah metode ragam ANOVA dan jika terdapat pengaruh maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa dosis biochar 182-228 gram/instalasi menaikkan pertumbuhan tinggi tanaman hingga 46,04 cm, jumlah daun 10,89 helai, luas daun 813,293 cm², panjang akar 20,77 cm, laju pertumbuhan tanaman 1,16 gram/hari, dan berat basah tanaman sampai 23,31 gram.

Hasil penelitian ini menyimpulkan pemberian biochar dengan dosis 228 gram/instalasi atau setara 50 ton/ha meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, sedangkan aplikasi pupuk NPK tidak mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah pada budidaya vertikultur.

Kata kunci: vertikultur, bayam merah, biochar, pupuk NPK



SUMMARY

Growth and Yield Response of Red Spinach Plants (*Amaranthus tricolor* L.) in Verticulture to the Use of Biochar and NPK Fertilizer; Meri Alda Risma, 181510501146; 2022: 67 pages; Agrotechnology Study, Program Faculty of Agriculture, University of Jember.

Mass urbanization creates the problem of land conversion, which decreases soil quality. Bagasse of sugar cane biochar as soil ameliorant improves soil quality. The verticulture method in urban farming systems is an appropriate agricultural practice for urban areas. Applying biochar and NPK fertilizer is a good combination to create media for verticulture. Red spinach is a vegetable chosen with verticulture methods as it has economic value and high consumption.

This experiment aims to determine the effect of biochar and NPK fertilizer on the growth and yield of red spinach in verticulture and to examine the interaction between biochar dosage treatment and NPK fertilizer dosage efficiency in verticulture of red spinach.

The research sited at the greenhouse of UPT Agrotechnopark, University of Jember. The research procedure begins with preparing tools and materials and research installations, sowing seeds, planting red spinach seedlings in verticulture installations, and collecting data. We used the ANOVA method to analyze the accumulated data and the Duncan Multiple Range Test (DMRT) at a level of 5% for the significantly different variables.

The ANOVA results showed that the dosage of biochar from 182-228 gram/instalation increased plant height growth up to 46.04 cm, the number of leaves 10.89 strands, leaf area 813,293 cm², root length 20.77 cm, plant growth rate of 1.16 grams/day, and plant wet weight up to 23.31 grams.

This experiment result concluded that the biochar application of 228 gram/instalation or 50 tons/ha increased plant growth and yield, while the NPK fertilizer did not affect for growth and yield of red spinach in verticulture.

Keywords: verticulture, red spinach, biochar, NPK fertilizer

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Secara Vertikultur Terhadap Penggunaan Biochar dan Pupuk NPK”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Keberhasilan selama penyusunan karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Soetrisno, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Drs. Yagus Wijayanto, MA, PhD., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember;
3. Irwanto Sucipto, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Dr. Ir. Cahyoadi Bowo., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah bersedia membimbing, memberikan arahan, serta motivasi pada penulis dalam penyusunan karya tulis ini;
5. Suci Ristiyana, S.T.P., M.Sc., selaku Dosen Penguji Utama dan Ika Purnamasari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota serta Ir. Raden Soedradjad, M.T., selaku Dosen Penguji Terdahulu yang telah memberikan evaluasi dan masukan demi kesempurnaan karya tulis ini;
6. Ayahanda Slamet Efendy dan Ibunda Siti Ismiyati yang selalu memberikan doa, dukungan, serta semangat demi kelancaran penyusunan karya tulis ini;
7. Adik tercinta Dhini Isma Wardani serta keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan doa hingga menuju sarjana ini;
8. Sahabat dan teman-teman tercinta Intan, Alifia, Prita, Fairuz, Ratna, Aisyah, Cindy, Vega, Dian, Dhio yang telah menjadi rival terbaik selama kuliah serta

senantiasa memberikan semangat, support system serta doa dalam proses penyelesaian karya tulis ilmiah ini;

9. Keluarga Besar Agroteknologi 2018 atas kenangan, dukungan, kebersamaan, dan suka duka selama masa perkuliahan;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung dan membantu dalam kelancaran penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa tidak ada manusia yang sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 01 November 2022

Penulis

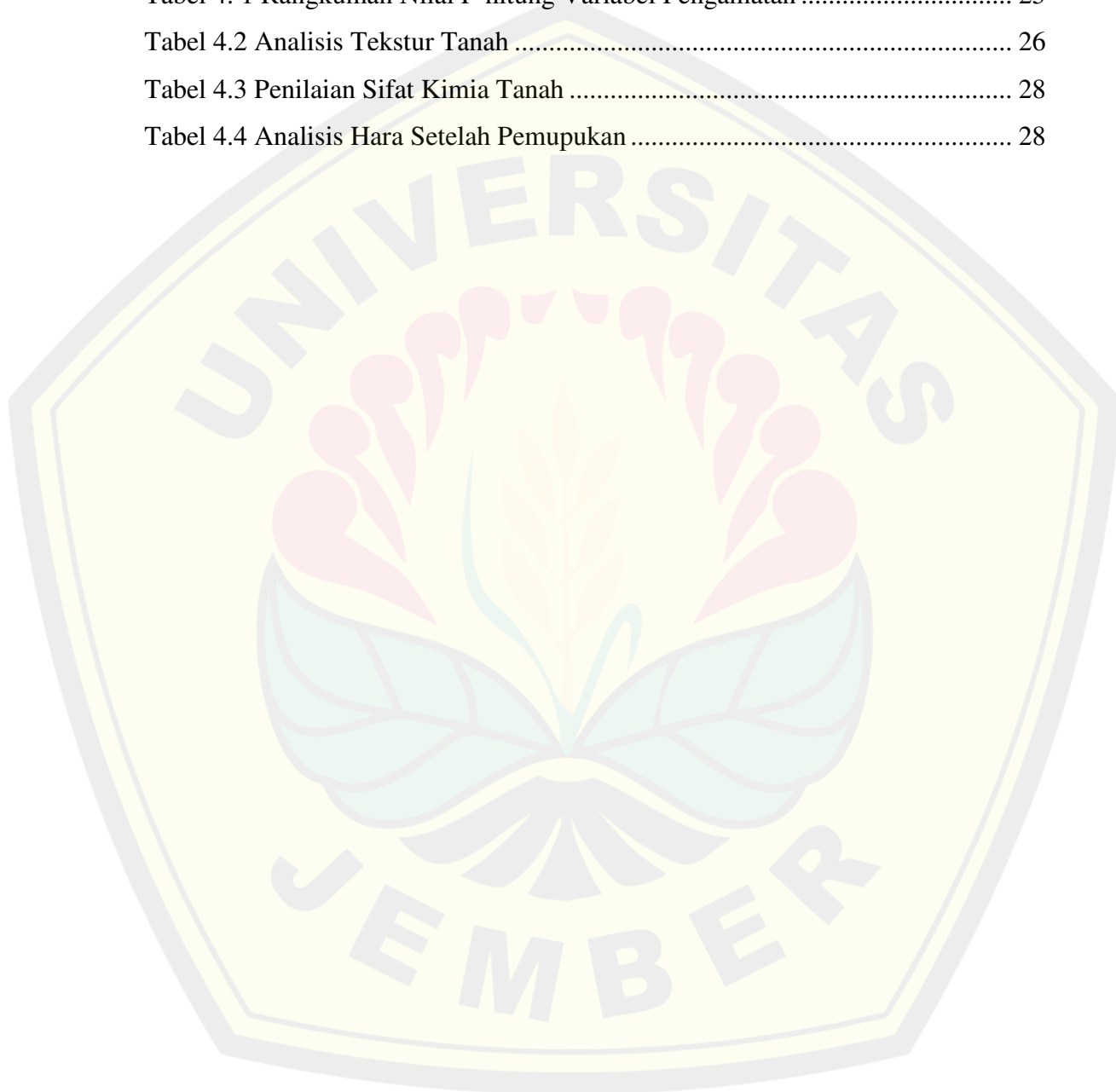
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Bayam Merah	4
2.2 Budidaya Vertikultur	5
2.3 Biochar Ampas Tebu	7
2.4 Pengaruh Pupuk NPK	9
2.5 Pengaruh Interaksi Penggunaan Biochar dan Pupuk NPK	10
2.6 Hipotesis.....	11
BAB 3. METODE.....	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	13

3.3.1 Rancangan Percobaan	13
3.3.2 Prosedur Penelitian	16
3.3.3 Variabel Pengamatan	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Hasil.....	25
4.1.1 Karakteristik Media Tanam	26
4.1.2 Tinggi Tanaman	28
4.1.3 Leaf Area Indeks (LAI)	30
4.1.4 Jumlah Daun	31
4.1.5 Berat Basah Tanaman	33
4.1.6 Panjang Akar.....	34
4.1.7 Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR)	35
4.2 Pembahasan.....	37
4.2.1 Tinggi Tanaman.....	37
4.2.2 Leaf Area Indeks (LAI)	37
4.2.3 Jumlah Daun	38
4.2.4 Berat Basah	39
4.2.5 Panjang Akar.....	40
4.2.6 Laju Pertumbuhan Relatif (LPR).....	42
4.2.7 Interaksi Perlakuan Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman ..	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Denah Percobaan.....	14
Tabel 3.2 Analisis Sidik Ragam (ANOVA).....	15
Tabel 3.3 Variabel Pengamatan Penelitian	22
Tabel 4. 1 Rangkuman Nilai F-hitung Variabel Pengamatan	25
Tabel 4.2 Analisis Tekstur Tanah	26
Tabel 4.3 Penilaian Sifat Kimia Tanah	28
Tabel 4.4 Analisis Hara Setelah Pemupukan	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bayam merah..... 4

Gambar 2.2 a.vertikultur tempel, b.vertikultur gantung, c.vertikultur tegak/berdiri
..... 7

Gambar 2.3 Instalasi pirolisis sederhana..... 8

Gambar 3.1 Tempat penelitian (a) screenhouse (b) lahan percobaan vertikultur . 12

Gambar 3.2 Alat penelitian (a) tong dan penutup (b) instalasi vertikultur (c) cetok
..... 12

Gambar 3.3 Bahan penelitian (a) benih bayam merah (b) pupuk NPK Phonska.. 13

Gambar 3.4 Desain (a) instalasi pirolisis sederhana (b) instalasi vertikultur..... 16

Gambar 3.5 Alur pembuatan biochar 17

Gambar 3.6 Proses pembuatan biochar (a) ampas tebu kering (b) memasukkan . 18

Gambar 3.7 Penyiapan (a) media tanam (b) sampel analis tanah 19

Gambar 3.8 Kegiatan budidaya bayam merah (a) pembibitan (b) pindah tanam . 20

Gambar 3.9 Pemeliharaan (a) penyiraman (b) penyulaman (c) pemupukan 21

Gambar 3.10 Pengamatan (a) tinggi tanaman (b) jumlah daun (c) panjang daun. 24

Gambar 3.11 Pengamatan (a) berat basah (b) panjang akar..... 24

Gambar 4.1 Kapasitas Lapang Media Tanam 26

Gambar 4.2 Nilai C-Organik..... 27

Gambar 4.3 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Tinggi Tanaman 29

Gambar 4.4 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Leaf Area Indeks 30

Gambar 4.5 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Jumlah Daun..... 32

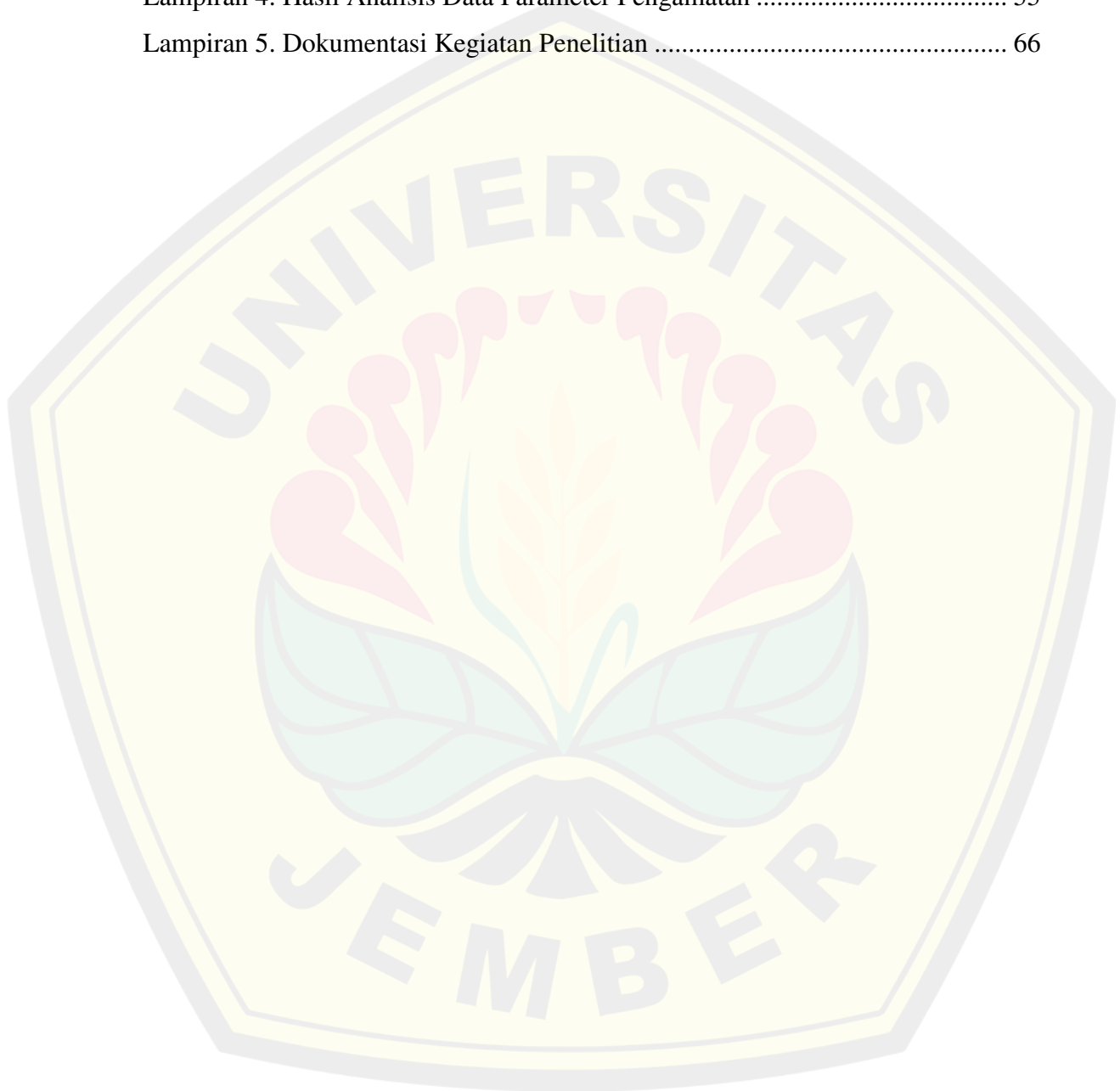
Gambar 4.6 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Berat Basah Tanaman..... 33

Gambar 4.7 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Panjang Akar Tanaman 34

Gambar 4.8 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Laju Pertumbuhan Relatif 36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Tanaman Bayam Merah Varietas Mira	52
Lampiran 2. Perhitungan Kebutuhan Biochar.....	53
Lampiran 3. Perhitungan Kebutuhan Pupuk	54
Lampiran 4. Hasil Analisis Data Parameter Pengamatan	55
Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	66



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Urbanisasi massal menyebabkan pertumbuhan penduduk semakin cepat dan menjadi salah satu tantangan dalam aspek perekonomian. Berdasarkan data BPS tahun 2020 persentase penduduk daerah perkotaan telah mencapai 56,7% dan diprediksi akan terus mengalami peningkatan hingga lima belas tahun kedepan. Hal ini menimbulkan permasalahan seperti alih fungsi lahan menjadi pemukiman. Setiap tahun sekitar 60.000 Ha lahan pertanian mengalami penyusutan (Warta Pertanian, 2020). Hal ini menyebabkan menurunnya kualitas tanah seperti kandungan bahan organik tanah dan kapasitas infiltrasi tanah (Utaya, 2008).

Pada masa mendatang teknologi pertanian berkelanjutan sangat bertumpu pada kesehatan tanah. Biochar merupakan bahan yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah. Aplikasi biochar dengan jumlah yang tepat akan meningkatkan sifat fisik dan biologis tanah. Menurut Milne *et al* (2007), aplikasi biochar dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah seperti bakteri penambat P oleh *pseudomonas* dan penambat N oleh *acetobacter*. Selain itu, biochar memiliki kemampuan dalam menambah pori-pori pada tanah yang berpengaruh pada kemampuan tanah dalam menahan air (Agviolita *et al.*, 2021).

Selain itu, permasalahan lain akibat kepadatan penduduk perkotaan yaitu polusi udara. Polusi udara di daerah perkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor dan kegiatan industri (Lilianto *et al.*, 2018). Biochar merupakan bahan yang dapat menangkap karbon di udara dan memiliki kapasitas dalam menahan karbon hingga 400 tahun karena bersifat sulit terdekomposisi (Nurida *et al.*, 2015). Pemanfaatan biochar dalam industri pertanian menjadi solusi bagi permasalahan tanah dan polusi udara. Hal ini memberikan keuntungan sekaligus dalam masalah ketahanan pangan dan penghambat perubahan iklim.

Permasalahan yang kompleks dalam industri pertanian perkotaan menyebabkan ketahanan pangan juga menjadi masalah yang harus diselesaikan, diperlukan suatu inovasi baru dalam praktik berbudidaya pada lahan sempit. Salah

satunya sistem pertanian urban metode vertikultur. Vertikultur merupakan sistem penanaman bertingkat yang tidak membutuhkan lahan luas. Penerapan budidaya secara vertikultur mampu mensuplai ketahanan pangan hingga 60% populasi penduduk perkotaan dan memiliki potensi untuk diusahakan dalam skala komersil sehingga membantu perekonomian masyarakat perkotaan (Kalantari *et al.*, 2017).

Ampas tebu merupakan bahan yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai biochar. Ampas tebu merupakan residu dari proses penggilingan tebu setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya. Rendemen ampas tebu yang dihasilkan dari suatu proses penggilingan yaitu 30-40% dari bobot tebu awal tebu (Rahma *et al.*, 2020). Menurut Direktorat Jendral Perkebunan, produksi tebu di Indonesia tahun 2021 mencapai estimasi 2.364.321 ton dengan Jawa Timur merupakan produsen tebu terbesar yakni mencapai 1.132.963 ton. Maka, diperkirakan produksi ampas tebu di Jawa Timur mencapai 45.318.520 ton setiap tahunnya.

Pada praktik budidaya vertikultur tanah merupakan media tanam utama yang harus berkualitas baik. Upaya dalam memperbaiki kualitas tanah dapat dilakukan dengan aplikasi biochar dan pupuk NPK. Pupuk NPK merupakan penyedia unsur hara yang diperlukan oleh tanaman yang umum digunakan dalam budidaya pertanian. Namun, pupuk NPK memiliki sifat mudah larut dan rentan terhadap pencucian hara. Maka, aplikasian biochar pada tanah menjadi solusi untuk mencegah pencucian hara dan penguapan air.

Bayam merupakan jenis sayuran yang memiliki tingkat konsumsi tinggi pada wilayah perkotaan. Produksi bayam merah di Indonesia pada tahun 2015 sebanyak 150.085 kg dan meningkat menjadi 160.247 kg (Kementerian Pertanian Direktorat Jendral Hortikultura, 2017). Bayam merah diketahui memiliki kandungan gizi lebih tinggi dibandingkan bayam hijau. Menurut Mustamu (2020), bayam mengandung beberapa gizi seperti karbohidrat, protein, vitamin A, B, E, C, folat, kalsium, fosfor, dan zat besi yang baik bagi kesehatan. Peningkatan produksi bayam merah pada perkotaan dapat ditingkatkan melalui budidaya vertikultur.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah biochar dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil budidaya tanaman bayam merah secara vertikultur?
2. Apakah pupuk NPK dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil budidaya tanaman bayam merah secara vertikultur?
3. Apakah interaksi antara penggunaan biochar dan pupuk NPK dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil budidaya tanaman bayam merah secara vertikultur?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh dosis biochar terhadap pertumbuhan dan hasil budidaya tanaman bayam merah secara vertikultur.
2. Mengetahui pengaruh dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil budidaya tanaman bayam merah secara vertikultur.
3. Mengetahui pengaruh dosis biochar dan dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil budidaya tanaman bayam merah secara vertikultur.

1.4 Manfaat

1. Dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan ampas tebu sebagai biochar sebagai media pembenah tanah pada media tanam vertikultur untuk pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah.
2. Dapat meningkatkan minat masyarakat dalam melakukan budidaya tanaman pada lahan perkotaan dalam upaya pemenuhan kebutuhan pangan lokal serta penggunaan biochar untuk *carbon capture storage* dalam upaya menekan perubahan iklim global.
3. Dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya terkait dengan peningkatan produksi tanaman bayam merah.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**2.1 Bayam Merah**

Bayam merah merupakan tanaman hortikultura dengan nama latin *Amaranthus tricolor* L. Bayam merah memiliki ciri umum daun berbentuk bulat dengan ujung runcing dan berwarna kemerahan pada bagian tepi dan tengah daun. Batang bayam merah tegak dan tebal serta memiliki kandungan air yang tinggi. Bunga bayam merah tersusun atas malai yang keluar dari ujung tanaman maupun buku-buku daun. Akar bayam merah merupakan akar tunggang yang menyebar di dalam tanah sekitar 20-40 cm. Secara umum klasifikasi bayam merah yaitu sebagai berikut (Juliastuti, 2021):

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Subkelas : Hamamedlidae
Ordo : Caryphyllales
Family : Amaranthacease
Genus : Amaranthus
Species : *Amaranthus tricolor* L.



Gambar 2.1 Bayam merah

Bayam merah merupakan tanaman yang tahan air. Syarat tumbuh bayam merah yaitu lahan yang gembur, subur, mengandung humus, pH 6-7, ketinggian

5-2000 mdpl, suhu 25°C-35°C, kelembaban 40-60%, serta penyinaran matahari yang cukup. Bayam merah tergolong tanaman yang dapat tumbuh dengan cepat dan dapat dipanen hanya dengan waktu 20-25 hari sejak dari pembibitan dengan ciri-ciri daun dewasa merekah sempurna dan memiliki panjang 10-15 cm (Syariefa *et al.*, 2014).

Budidaya bayam merah tergolong mudah dimana pembibitan dilakukan terlebih dahulu sebelum pindah tanam. Pembibitan dilakukan selama kurang lebih 5 hari. Bibit bayam merah dapat dipindah tanam ketika telah memiliki daun sejati. Perawatan dalam budidaya bayam merah dilakukan sama dengan budidaya tanaman hortikultura lainnya seperti penyiraman, pemupukan, serta pencegahan hama dan penyakit yang perlu diperhatikan untuk memperoleh hasil yang optimal. Kebutuhan air bayam yaitu 4 mm/tanaman pada awal pertanaman dan ditingkatkan sebanyak 8 mm/tanaman pada fase menjelang dewasa.

Bayam mengandung beberapa vitamin dan mineral seperti vitamin A, B kompleks, C, E, K, protein dan zat besi (Rizki., 2013). Vitamin A bermanfaat dalam pembentukan sel kulit serta melancarkan pencernaan (Lingga., 2010). Vitamin C merupakan antioksidan yang baik bagi tubuh untuk menangkal radikal bebas termasuk virus flu sehingga dapat menahan ketahanan tubuh. Kandungan zat besi pada bayam bermanfaat untuk meningkatkan sel darah merah sehingga disarankan untuk dikonsumsi bagi penderita anemia. Bayam merah memiliki kandungan protein, kalsium, fosfor lebih tinggi dibandingkan bayam hijau (Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI 1992).

Bayam merah merupakan tanaman yang mudah untuk dibudidayakan. Bayam merah dapat tumbuh hampir pada semua tempat. Bayam merah memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Bayam merah memiliki potensi nilai jual tinggi sehingga cocok dibudidayakan pada wilayah perkotaan.

2.2 Budidaya Vertikultur

Pertanian urban merupakan budidaya pertanian seperti bunga, tanaman herbal, serta hewan pada lingkungan perkotaan dengan tujuan non komersil atau komersil untuk memenuhi kebutuhan pangan lokal (Thompson, 2014). Salah satu

teknik pertanian urban yaitu vertikultur. Vertikultur merupakan teknik menanam dengan arah vertikal atau bertingkat dengan memanfaatkan lahan pekarangan secara optimal untuk menghasilkan produksi tanaman sebagai pemenuhan kebutuhan pangan secara mandiri (Sanusi, 2011).

Keuntungan vertikultur dari segi lingkungan mampu menjadi penyedia oksigen perkotaan, penghijauan ekosistem, dan merupakan sistem pertanian berkelanjutan, dari segi ekonomi mampu menjadikan lahan bisnis yang menguntungkan secara komersil, serta keuntungan sosial sebagai sarana lapangan pekerjaan, komunitas sosial, dan pemanfaatan lahan terintegrasi pertanian (Benke and Tomkins., 2017). Vertikultur mudah diterapkan dan dapat diterapkan dengan memanfaatkan barang-barang bekas sebagai instalasi sehingga mampu menjadi solusi untuk mengurangi penggunaan sampah plastik.

Model instalasi vertikultur yaitu vertikultur tempel, gantung, dan tegak/berdiri (Harianto, 2017). Setiap model vertikultur memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing (Widyawati, 2018). Vertikultur tempel yaitu model dimana wadah tanam ditempelkan pada dinding. Keunggulan model ini tidak memerlukan lahan dan tidak terpengaruh kondisi tanah. Model ini dapat digunakan untuk menutupi dinding. Kelemahan model ini dapat mempercepat kerusakan benda yang ditemplei, perlu media tanam yang ringan, rawan jatuh, sinar matahari tidak merata, dan sirkulasi udara yang kurang baik dan kurang cocok untuk sayuran berdaun lebar.

Vertikultur gantung yaitu model yang menggantungkan tanaman secara bertingkat sehingga terlihat menarik. Keunggulan model ini yaitu tidak tergantung kondisi tanah, dapat digantung di benda lain sehingga hemat lahan, drainase air terjaga, memperoleh sinar matahari optimal, dapat dipindah, menekan serangan hama dan gulma. Beberapa kelemahan model ini yaitu memerlukan media tanam yang ringan, beresiko jatuh, media tanam cepat kering, dan wadah tanam mudah goyang.

Vertikultur tegak/berdiri yaitu model vertikultur dimana wadah tanam ditempatkan berdiri tegak dan tanaman berada pada lubang tanam pada setiap sisi. Kelebihan model ini yaitu efisien lahan, tanaman lebih kokoh dan tidak mudah

jatuh, sirkulasi udara baik, sinar matahari merata, serta dapat menekan gulma. Kelemahan model ini yaitu media tanam mudah memadat sehingga aerasi dan drainase terganggu, kelembaban dan unsur hara tidak merata, hanya sesuai untuk tanaman yang relatif pendek dan tidak sesuai untuk tanaman umbi.



Gambar 2.2 a.vertikultur tempel, b.vertikultur gantung, c.vertikultur tegak/berdiri (Penebar Swadaya)

Beberapa keuntungan lain dalam budidaya vertikultur yaitu dapat meningkatkan efisiensi lahan karena dalam praktiknya dapat menekan penggunaan lahan namun tetap mempertahankan kapasitas produksi yang tinggi. Melalui budidaya vertikultur diketahui mampu meningkatkan kuantitas produksi lebih banyak dibandingkan dengan metode konvensional. Pada metode vertikultur dalam suatu luasan area yang sama dapat meningkatkan kuantitas tanaman 7-120 kali lipat lebih banyak dari pada metode penanaman secara konvensional (Liferdi dan Saparinto., 2016).

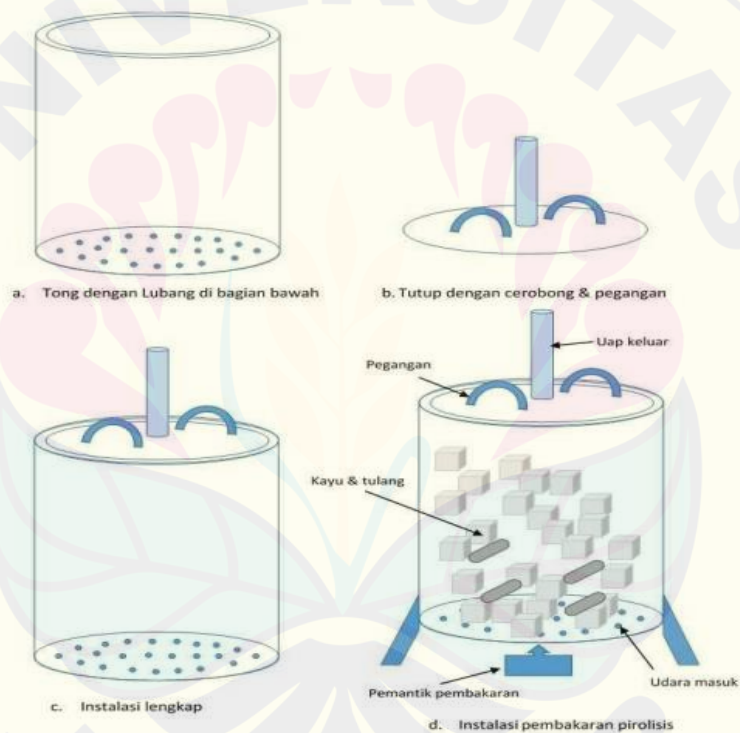
Vertikultur merupakan metode budidaya yang cocok diterapkan pada wilayah perkotaan. Budidaya secara vertikultur memiliki banyak keuntungan baik sosial, ekonomi, dan lingkungan. Budidaya secara vertikultur lebih produktif dari metode budidaya konvensional.

2.3 Biochar Ampas Tebu

Biochar merupakan produk akhir pirolisis yang berupa arang yang dibuat dari bahan organik. Pirolisis merupakan proses pembakaran dalam keadaan oksigen rendah untuk menghasilkan arang (Verheijen *et al.*, 2010). Biochar digunakan sebagai bahan pembenah tanah karena dapat meningkatkan pH, meretensi air dan hara, serta meningkatkan aktivitas biota tanah (Masganti *et al.*,

2018). Biochar mampu menekan pencucian hara sehingga nutrisi terserap optimal (Verdiana *et al.*, 2016). Biochar juga meningkatkan aktivitas mikroba dan berpengaruh pada penekanan patogen tular tanah (Lehmann *et al.*, 2011).

Metode pembuatan biochar yaitu metode tradisional dan pirolisis. Metode tradisional yaitu pembakaran menggunakan lubang pada tanah yang ditimbun kayu atau ranting sebagai penghalang udara. Kualitas biochar tergantung pada celah udara yang masuk, semakin rapat maka hasil biochar semakin baik (Nurida *et al.*, 2015). Metode pirolisis yaitu pembakaran menggunakan alat pirolisator berbentuk drum baja/besi (bisa menggunakan drum minyak) dengan memperhatikan suhu.



Gambar 2.3 Instalasi pirolisis sederhana (Yuliyanto, 2020)

Ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai biochar. Ampas tebu terdiri dari selulosa (52,42%), hemiselulosa (25,8%), lignin (21,69%), abu (2,73%) dan ethanol (1,66%) (Tewari *et al.*, 2012). Ampas tebu diolah menjadi biochar akan menghasilkan biochar sekitar 18%-23% dari berat kering awal (Inyang *et al.*, 2010). Kualitas biochar ditentukan oleh jenis bahan baku serta proses pirolisis

(Thies and Rilling., 2012). Menurut Asyifa *et al* (2019), biochar ampas tebu memiliki kadar air 10,2% dan kadar abu pada 1 gram biochar sebesar 68% dengan kandungan C 55,66% dan N 0,40% serta kadar C/N rasio 139.15 dan pH 5,196.

Biochar biasanya diaplikasikan pada tanah dengan cara menaburkan diatas tanah maupun mencampurkannya dengan tanah. Aplikasi biochar biasanya diaplikasikan sebelum proses penanaman atau pada saat persiapan lahan. Rekomendasi dosis biochar yang dapat diaplikasikan yaitu dengan dosis 40 ton/ha (Urifa dan Bowo., 2020).

Ampas tebu merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk bahan pembuatan biochar. Biochar ampas tebu dapat dibuat menggunakan metode pirolisis sederhana. Biochar ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah dalam upaya meningkatkan pertumbuhan tanaman.

2.4 Pengaruh Pupuk NPK

Pupuk NPK mengandung unsur hara makro Nitrogen, Phosphor, dan Kalium. Menurut Turang dan Wowwiling (2015), beberapa fungsi pupuk NPK yaitu Nitrogen sebagai perangsang pertumbuhan batang, cabang, daun, dan pembentukan klorofil serta membentuk protein dan lemak. Phosphor berperan merangsang pertumbuhan akar muda, pembentukan protein, membantu asimilasi dan pernapasan, mempercepat pembungaan, dan pemasakan biji dan buah. Kalium berperan dalam pembentukan protein dan karbohidrat serta penguat tanaman agar tidak mudah gugur, tahan kekeringan dan penyakit.

Pupuk NPK diberikan sebagai pupuk dasar untuk memenuhi unsur penting bagi tanaman. Kekurangan unsur NPK akan menghambat pertumbuhan tanaman seperti menyebabkan tanaman kerdil, jumlah cabang atau anakan tidak maksimal, sistem perakaran tidak berkembang, hingga perubahan warna daun yang abnormal (Rina, 2015). Penggunaan pupuk NPK rentan pencucian hara. Penggunaan pupuk NPK harus dikombinasikan dengan penamabahan zat yang dapat menopang unsur hara tersebut sehingga pencucian hara dapat lebih diminimalisir sehingga penyerapan unsur hara dapat dilakukan secara maksimal oleh tanaman.

Pemupukan bayam merah biasanya hanya dilakukan dua hingga tiga kali karena bayam merah merupakan tanaman dengan umur pendek. Pemupukan bayam merah pertama yaitu sebagai pupuk dasar yang dilanjutkan pupuk lanjutan pada fase vegetatifnya. Pemupukan dasar diberikan $\frac{1}{2}$ dosis dari pemupukan. Menurut rekomendasi pemupukan Balitsa (2008), kebutuhan pupuk bayam merah yaitu diberikan dosis N 120 kg, P_2O_5 : 90 kg, dan K_2O : 50 kg per hektar. Aplikasi pemupukan pada budidaya secara vertikultur yaitu dapat dilakukan dengan membenamkan pupuk pada tanah di sekitar lubang tanam.

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman didukung oleh pemenuhan unsur hara esensial dari pupuk NPK. Nutrisi tanaman yang rendah akan berpengaruh pada pertumbuhan tanaman yang lambat atau kurang maksimal. Pada budidaya bayam merah membutuhkan pupuk NPK sebagai pupuk dasar dan pupuk lanjutan untuk mendukung pertumbuhannya. Pupuk NPK majemuk dapat diaplikasikan pada budidaya tanaman bayam merah.

2.5 Pengaruh Interaksi Penggunaan Biochar dan Pupuk NPK

Biochar biasa digunakan sebagai media pembenah tanah pada media tanam tanaman budidaya. Penggunaan biochar ampas tebu diketahui dapat meningkatkan kandungan hara tanah yang berpengaruh baik pada pertumbuhan tanaman. Berdasarkan penelitian menurut Ilyasa *et al.*, (2018), penggunaan biochar ampas tebu diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai karena biochar berperan untuk mempertahankan air serta unsur hara pada tanah sehingga penyerapan nutrisi tanaman lebih optimal. Biochar kaya akan unsur karbon aktif yang baik bagi tanah. Biochar dapat merangsang nodulasi dan fiksasi nitrogen sehingga meningkatkan kandungan klorofil dalam jaringan daun sehingga meningkatkan pertumbuhan dan hasil pada tanaman (Mete *et al.*, 2015).

Kombinasi penggunaan biochar ampas tebu dan pupuk NPK sesuai untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Pupuk NPK berperan sebagai penyedia unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman sedangkan biochar sebagai peretensi hara dari pupuk NPK karena pupuk NPK sangat rentan terhadap pencucian air. Biochar ampas tebu berperan sebagai penambat air dan unsur hara sehingga penyerapan

oleh tanaman lebih optimal. Interaksi biochar dan pupuk NPK menjadi penunjang pertumbuhan vegetatif tanaman yang baik karena mampu menyediakan unsur hara makro dan mikro yang cukup dan seimbang (Iswahyudi *et al.*, 2016).

Aplikasi biochar dan pupuk NPK dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Biochar dapat mengintensifkan penggunaan pupuk NPK dengan menekan pencucian hara. Pupuk NPK menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman.

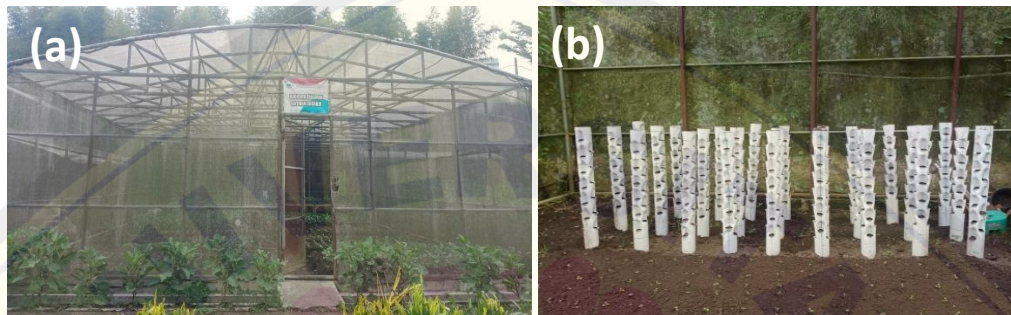
2.6 Hipotesis

1. Dosis biochar ampas tebu berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah pada sistem tanam vertikultur.
2. Dosis pupuk NPK berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam secara vertikultur.
3. Dosis biochar ampas tebu dan pupuk NPK berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah secara vertikultur.

BAB 3. METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dengan judul “Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Secara Vertikultur Terhadap Penggunaan Biochar Ampas dan Pupuk NPK” dilaksanakan pada bulan Februari-April 2022 di *Screenhouse* UPT Agrotechnopark Universitas Jember.

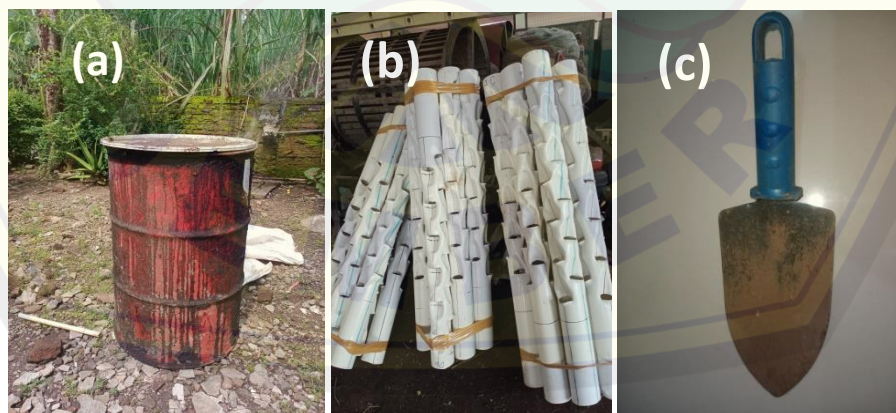


Gambar 3.1 Tempat penelitian (a) screenhouse (b) lahan percobaan vertikultur

Screenhouse UPT Agrotechnopark Universitas Jember memiliki ukuran 6x7 meter persegi menghadap ke arah Timur. *Screenhouse* terdiri dari kerangka besi dengan penutup paranet pada setiap sisinya.

3.2 Alat dan Bahan

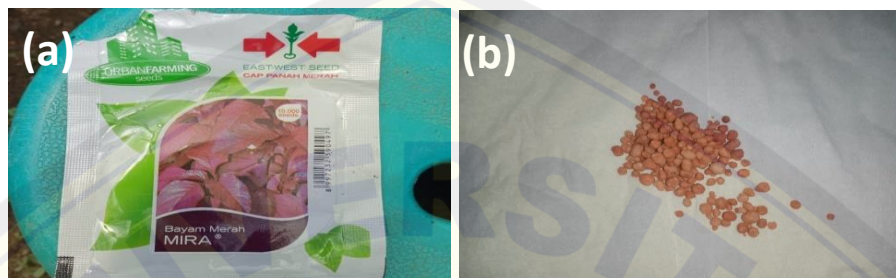
Beberapa alat yang digunakan pada penelitian yaitu terdiri dari alat pembuatan biochar dan alat proses budidaya.



Gambar 3.2 Alat penelitian (a) tong dan penutup (b) instalasi vertikultur (c) cetok

Alat yang digunakan pada pembuatan biochar yaitu tong minyak dan penutup, korek api, dan *thermogun*. Sedangkan alat yang digunakan pada proses budidaya yaitu pipa instalasi vertikultur, cetok, cangkul, tray semai, *handsprayer*, timbangan, penggaris, dan kertas label.

Beberapa bahan yang digunakan pada penelitian yaitu terdiri dari bahan pembuatan biochar dan bahan proses budidaya.



Gambar 3.3 Bahan penelitian (a) benih bayam merah (b) pupuk NPK Phonska

Bahan yang digunakan pada pembuatan biochar yaitu ampas tebu dan bahan bakar (daun kering, kertas, spirtus). Sedangkan bahan yang digunakan pada proses budidaya yaitu benih bayam merah varietas mira, pupuk NPK Phonska, tanah top soil, dan air.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari dua faktor dengan tiga taraf. Terdapat 9 kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 27 unit satuan percobaan.

Faktor pertama adalah dosis biochar yang terdiri dari tiga taraf yaitu:

A1 : tanpa biochar

A2 : 182 gr/instalasi (40 ton/ha)

A3 : 228 gr/instalasi (50 ton/ha)

Faktor kedua dosis NPK yang terdiri dari tiga taraf yaitu:

B1 : 2 gr/tanaman (400 kg/ha)

B2 : 2,5 gr/tanaman (500 kg/ha)

B3 : 3 gr/tanaman (600 kg/ha)

Tabel 3.1 Denah Percobaan

Blok 1	Blok 2	Blok 3
A2B3	A1B3	A1B3
A1B1	A3B1	A1B1
A3B2	A2B1	A3B3
A3B1	A3B3	A3B1
A1B3	A1B1	A1B2
A3B3	A3B2	A2B2
A2B1	A2B3	A3B2
A1B2	A1B2	A2B1
A2B2	A2B2	A2B3

Model matematik dari Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + K_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk} \dots \dots \dots (1)$$

i: 1,2,3; j: 1,2,3; k: 1,2,3

Keterangan:

Y_{ijk} = Nilai respon pada pengamatan ke-k dari perlakuan dosis biochar ampas tebu ke-i dan dosis NPK ke-j.

μ = Rataan umum

K_k = Pengaruh aditif dari kelompok ke-k

A_i = Pengaruh perlakuan dosis biochar ampas tebu ke-i

B_j = Pengaruh perlakuan dosis NPK ke-j

$(AB)_{ij}$ = Pengaruh interaksi antara perlakuan dosis biochar ampas tebu ke-i dan dosis NPK ke-j

ϵ_{ijk} = Pengaruh galat pengamatan ke-k dari perlakuan dosis biochar ke-i dan dosis NPK ke-j

Analisis data dilakukan menggunakan analisis sidik ragam atau analisis of varian (ANOVA) dengan model matematik sebagai berikut :

Tabel 3.2 Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

Sumber Variansi	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel 5%
Kelompok	$r - 1$	JKK	JKK/db Kelompok	KTK/KTG	
Perlakuan	$ab - 1$	JKP	JKP/ db Perlakuan	KTP/KTG	
Faktor A	$a - 1$	JK(A)	JK (A)/db (A)	KT(A)/KTG	
Faktor B	$b - 1$	JK(B)	JK (B)/ db (B)	KT(B)/KTG	
Interaksi AB	$(a-1)(b-1)$	JK (AB)	JK (AB)/db AxB	KT(AB)/KTG	
Galat	$(r-1)(ab-1)$	JKG	JKG/db Galat		
Total	$rab-1$	JKT			

Sumber: Gazpersz, 1995

Apabila antar perlakuan dalam setiap variabel percobaan berpengaruh nyata atau berbeda nyata secara statistik, maka akan dilakukan uji lanjut untuk melihat pengaruh antar perlakuan dengan kaidah keputusan pengujian yaitu :

- Hipotesis diterima jika $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$ taraf 5% yaitu apabila pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah dipengaruhi oleh komposisi biochar ampas tebu, dosis NPK, dan interaksi keduanya maka perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui perbedaan dari masing masing perlakuan.
- Hipotesis ditolak jika $F \text{ hitung} < F \text{ tabel}$ 5% yaitu apabila pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah tidak dipengaruhi oleh komposisi biochar ampas tebu, dosis NPK, dan interaksi keduanya maka tidak perlu dilakukan uji lanjut.

Uji lanjut dilakukan dengan Uji Jarak Berganda Duncan atau *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95% dengan rumus sebagai berikut:

$$UJD (5\%) = SSR (5\%; db; p) \times \sqrt{(KTG/r)} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

SSR : Galat Baku

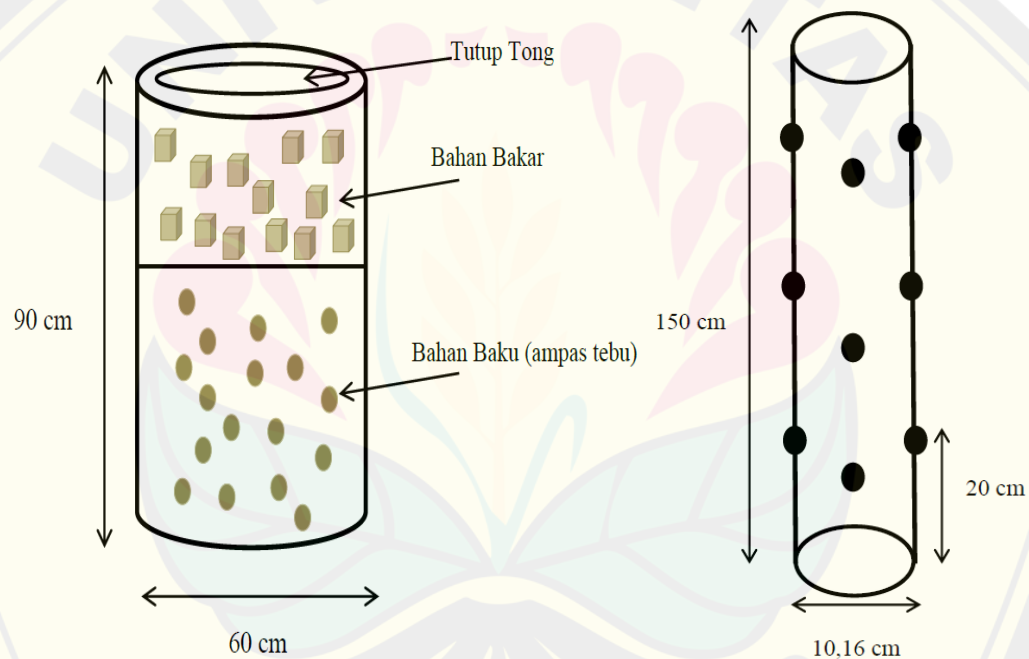
- db : Derajat Bebas
 p : Jarak perlakuan yang dibandingkan
 KTG : Kuadrat Tengah Galat
 r : Replikasi

3.3.2 Prosedur Penelitian

Berikut merupakan prosedur penelitian yang akan dilakukan yaitu :

1. Persiapan Instalasi Penelitian

Persiapan penelitian dimulai dari persiapan instalasi penelitian yang terdiri dari instalasi pirolisis sederhana untuk pembuatan biochar dan instalasi vertikultur. Berikut desain instalasi pirolisis sederhana dan instalasi vertikultur.



Gambar 3.4 Desain (a) instalasi pirolisis sederhana (b) instalasi vertikultur

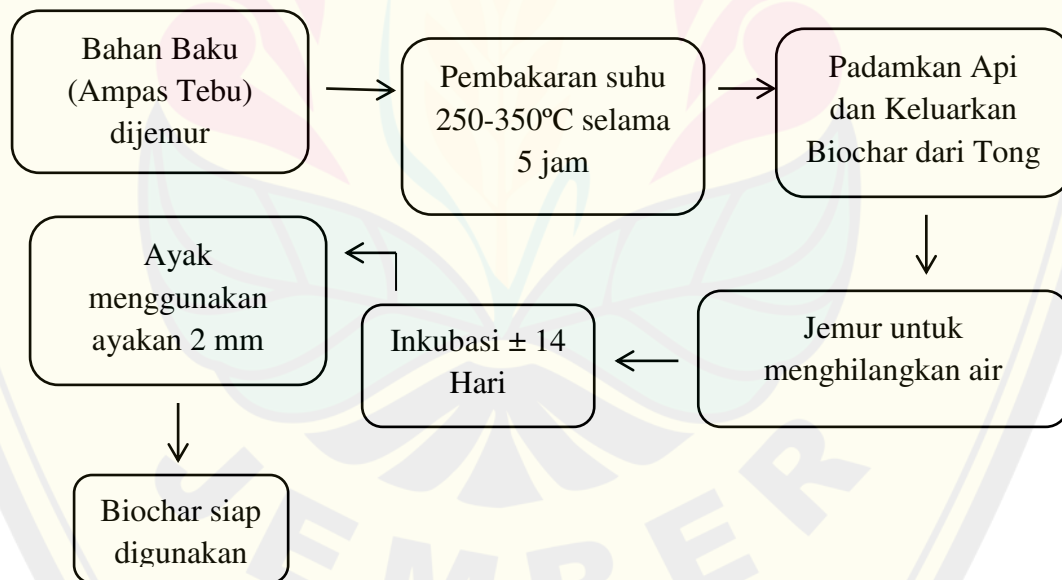
Instalasi pirolisis sederhana terbuat dari tong minyak dengan bahan besi yang dilengkapi dengan penutup. Tong minyak memiliki dimensi tinggi 90 cm, diameter 60 cm, dan volume 255 liter. Pembuatan biochar menggunakan pirolisis sederhana dilakukan dengan cara memasukkan bahan baku biochar ke dalam tong minyak sampai $\frac{3}{4}$ bagian kemudian di atasnya diberi bahan bakar.

Setelah terjadi proses pembakaran tutup tong minyak menggunakan penutup untuk menciptakan kondisi tanpa udara.

Instalasi vertikultur yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Teknologi Tepat Guna Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember. Instalasi vertikultur menggunakan pipa paralon PVC berwarna putih dengan panjang 150 cm dengan diameter 10,16 cm. Lubang tanam terletak pada sisi kanan, kiri, depan, dan belakang paralon. Terdapat 3 lubang tanam yang digunakan pada setiap sisinya. Jarak lubang tanam pada instalasi yaitu 20 cm. Pada pelaksanaan penelitian, instalasi vertikultur ditancapkan ke dalam tanah sesuai dengan denah penelitian.

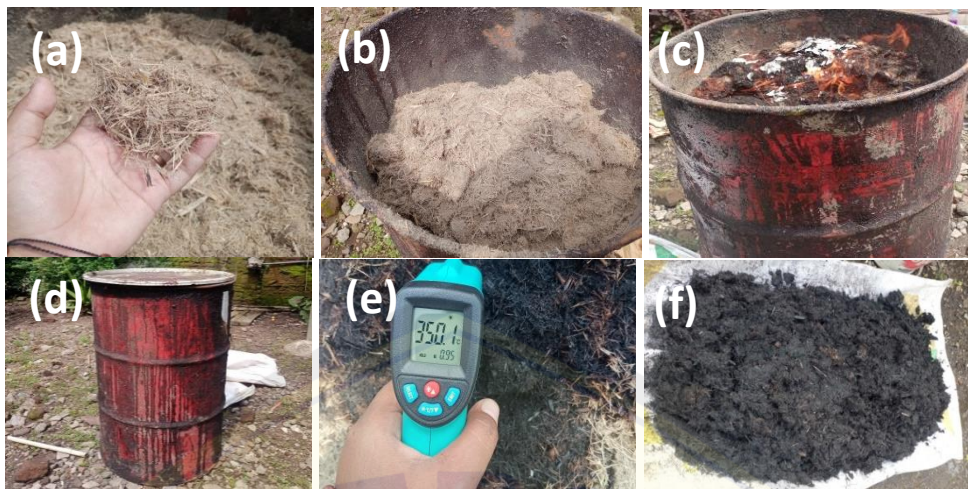
2. Pembuatan Biochar Ampas Tebu

Limbah ampas tebu yang digunakan sebagai bahan baku biochar diperoleh dari PG Jatiroto yang berlokasi di Jatiroto, Kabupaten Lumajang. Berikut bagan pembuatan biochar ampas tebu.



Gambar 3.5 Alur pembuatan biochar

Secara umum proses pembuatan biochar ampas tebu dilakukan melalui beberapa tahap diantaranya pengeringan, pengarangan, pemadaman, penjemuran biochar, dan inkubasi biochar.



Gambar 3.6 Proses pembuatan biochar (a) ampas tebu kering (b) memasukkan ampas tebu ke dalam tong (c) melakukan pembakaran (d) menutup tong dengan penutup (e) memastikan suhu pembakaran menggunakan thermogun (f) hasil biochar ampas tebu

Pembuatan biochar diawali dengan proses pengeringan atau penjemuran ampas tebu hingga benar-benar kering dengan tujuan untuk mempermudah proses pengarangan/pembakaran. Selanjutnya dilakukan pengarangan dengan metode pirolisis sederhana menggunakan tong minyak.

Proses pengarangan dilakukan dengan memasukkan bahan limbah ampas tebu ke dalam tong minyak sampai $\frac{3}{4}$ bagian tong penuh kemudian di atasnya diberi kayu bakar/ranting kering, kertas, dan spirtus sebagai bahan bakar. Bakar bahan bakar tersebut kemudian tutup tong untuk menciptakan kondisi tanpa udara untuk menghindari penguapan gas-gas dan menyisakan karbon agar terbentuk arang. Pastikan terjadi proses pembakaran dengan memastikan api menyala dan mengontrol suhu pada tong. Suhu pembakaran yaitu berkisar 250-350°C.

Pembakaran selesai ketika tidak ada asap dan biochar atau arang yang sudah jadi dapat dicirikan dengan warna hitam pekat dan tidak berubah seperti bahan semula. Setelah arang terbentuk maka segera keluarkan hasil pembakaran kemudian api dapat dipadamkan menggunakan air untuk menghentikan pembakaran agar biomassa tidak menjadi abu. Biochar ampas

tebu kemudian dapat dijemur untuk menghilangkan kadar airnya dan diayak untuk siap digunakan. Lakukan inkubasi biochar minimal 14 hari dengan tujuan untuk menciptakan ekosistem bagi mikroorganisme menguntungkan bagi tanaman.

3. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan yaitu campuran tanah dan biochar ampas tebu. Media tanam akan dianalisis secara fisika dan kimia.



Gambar 3.7 Penyiapan (a) media tanam (b) sampel analisis tanah

Tanah yang digunakan pada penelitian di ambil pada bagian tanah top soil sekitar 1-20 cm yang di ambil di UPT Agrotechnopark Universitas Jember. Tanah kemudian diayak dan dicampurkan dengan biochar ampas tebu sesuai perlakuan. Media tanam yang sudah siap kemudian dimasukkan ke dalam pipa instalasi vertikultur.

Analisis media tanam dilakukan di Laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia Tanah Prodi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember. Analisis Fisika tanah meliputi tekstur tanah, kapasitas lapang, dan BV biochar. Analisis Kimia tanah meliputi C-organik, N, P, dan K.

4. Budidaya Bayam Merah

Budidaya bayam merah meliputi pembibitan, pindah tanam, perawatan, dan pemanenan.



Gambar 3.8 Kegiatan budidaya bayam merah (a) pembibitan (b) pindah tanam (c) bayam merah siap panen

Penyemaian benih bayam merah menggunakan tray semai dan media tanam tanah. Proses penyemaian dimulai dengan membasahi media hingga lembab kemudian taburkan benih pada media persemaian. Tempatkan persemaian pada tempat yang tidak terpapar sinar matahari langsung. Sinar matahari langsung diberikan ketika tanaman sudah mulai tumbuh daun lembaga. Lakukan penyiraman persemaian setiap pagi dan sore hari untuk menjaga kelembaban media persemaian.

Pindah tanam bibit dilakukan ketika bibit tanaman bayam merah telah berumur 10 hari setelah semai ketika telah memiliki daun sebanyak 3-4 helai atau telah muncul daun sejati. Proses penanaman bibit dilakukan dengan cara memasukkan bibit satu persatu pada setiap lubang tanam vertikultur.

Tanaman bayam merah dapat dipanen saat tanaman berumur 25 HST (Hari Setelah Tanam). Ciri-ciri tanaman siap panen yaitu daun dewasa merekah sempurna dan memiliki panjang 10-15 cm.

5. Pemeliharaan

Pemeliharaan atau perawatan tanaman bayam merah diantaranya yaitu penyiraman, penyulaman, dan pemupukan.



Gambar 3.9 Pemeliharaan (a) penyiraman (b) penyulaman (c) pemupukan

a. Penyiraman

Penyiraman tanaman bayam merah dilakukan setiap pagi hari dan sore hari untuk menjaga kelembaban media tanam. Penyiraman mulai dilakukan saat bibit sudah pindah tanam hingga panen sesuai dengan kondisi kelembaban tanah.

b. Penyulaman

Penyulaman dilakukan ketika terdapat tanaman bayam merah yang tidak tumbuh atau mati. Penyulaman dilakukan pada minggu pertama atau 7 hari setelah tanam dengan menggunakan bibit yang memiliki umur yang sama dengan umur tanaman budidaya.

c. Pemupukan

Pemupukan dilakukan dua kali yaitu pada 7 HST (Hari Setelah Tanam) sebagai pupuk dasar dan pada 14 HST (Hari Setelah Tanam) sebagai pupuk susulan. Pemupukan dilakukan sesuai dengan perlakuan penelitian. Dosis pemupukan dasar yaitu $\frac{1}{4}$ dosis dan dilanjutkan pupuk susulan dengan $\frac{3}{4}$ dosis pemupukan.

3.3.3 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan terdiri dari pertumbuhan dan hasil dari tanaman bayam merah pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Variabel Pengamatan Penelitian

No	Variabel	Waktu Pengamatan	Satuan
1.	Tinggi tanaman	7, 14, 21 HST, 25 HST	cm
2.	Jumlah daun	7, 14, 21 HST, 25 HST	helai
3.	Luas Daun (Leaf Area)	7, 14, 21 HST, 25 HST	cm ²
4.	Berat basah	25 HST	gram
5.	Panjang akar	25 HST	cm
6.	Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR)	14 dan 21 HST	gr/hari

1. Tinggi tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap minggu sekali yaitu 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan panen (25 HST). Hasil pengukuran diambil dari rata-rata tinggi dari setiap sampel tanaman bayam merah. Pengukuran tinggi tanaman bayam merah dilakukan menggunakan penggaris dan diukur mulai dari pangkal akar hingga ujung batang paling atas.

2. Jumlah daun (helai)

Variabel jumlah daun diamati dengan cara menghitung semua daun dari setiap sampel tanaman bayam merah yang sudah membuka sempurna. Pengukuran dilakukan setiap minggu sekali yaitu 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan panen (25 HST).

3. Luas Daun (cm²)

Pengukuran Luas daun atau Leaf Area (LA) dilakukan setiap minggu sekali yaitu 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan panen (25 HST). Luas daun dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LA = p \times l \times \text{jumlah daun} \dots \dots \dots (3)$$

dengan: LA = Leaf Area (Luas daun), p = panjang daun, l = lebar daun, c = nilai konstanta daun bayam merah (0,602) (Susilo, 2015).

4. Berat basah (gram)

Variabel berat basah tanaman bayam merah diamati dengan cara menimbang berat bayam merah secara utuh mulai dari batang, daun, hingga akar setelah

panen. Penimbangan dilakukan diakhir pengamatan menggunakan timbangan analitik.

5. Panjang akar (cm)

Variabel panjang akar tanaman bayam merah diukur dari pangkal akar hingga ujung akar terpanjang. Akar tanaman bayam merah dibersihkan terlebih dahulu dari sisa kotoran yang menempel sebelum dilakukan pengukuran untuk mempermudah pengukuran. Pengukuran dilakukan diakhir pengamatan.

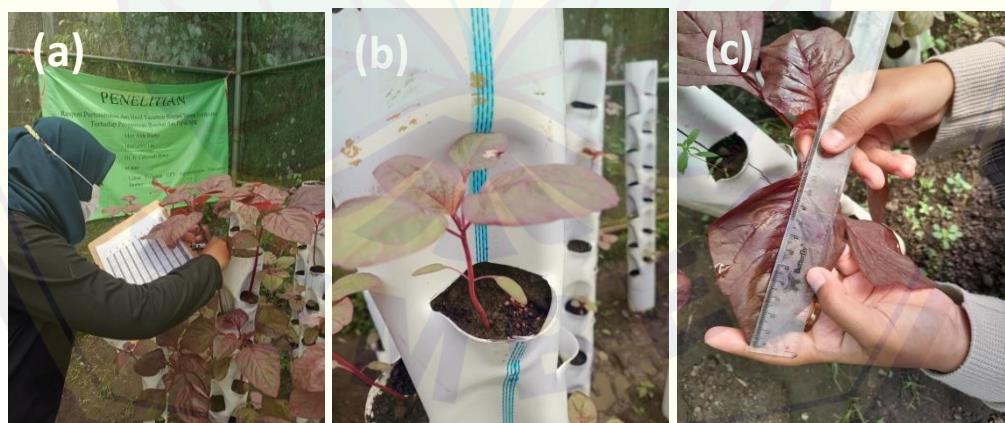
6. Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR)

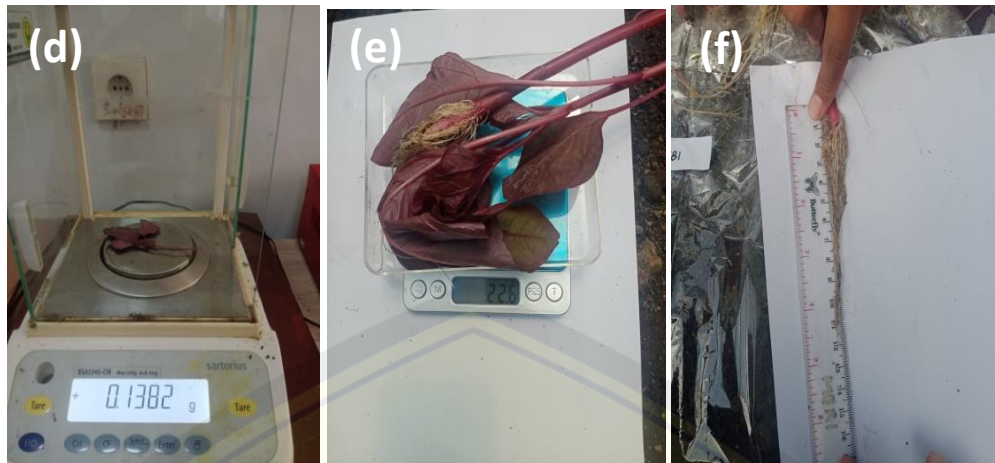
Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR) dilakukan dengan mengukur berat kering tanaman pada saat tanaman berumur 14 HST dan 21 HST. Berikut merupakan rumus perhitungan Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR)

$$LPR = \frac{(\ln w_2 - \ln w_1)}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan: dengan W = berat kering tanaman pengamatan ke-(n), t= waktu pengamatan ke-(n)

Pengukuran berat kering tanaman dilakukan dengan cara menimbang tanaman secara utuh mulai dari batang, daun, hingga akar kemudian dilakukan pengovenan dengan suhu 70-80°C sampai mencapai berat konstan. Pengukuran dilakukan menggunakan timbangan analitik.





Gambar 3.10 Pengamatan (a) tinggi tanaman (b) jumlah daun (c) panjang daun (d) Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR) (e) berat basah (f) panjang akar

Pengamatan pertumbuhan tanaman bayam merah yang dilakukan setiap minggu sebanyak empat kali pengamatan yaitu meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan Luas daun (Leaf Area), serta pengamatan Laju Pertumbuhan Relatif (LPR) tanaman dengan mengukur berat kering tanaman sebanyak dua kali pengamatan. Sedangkan, pengamatan pertumbuhan dan hasil yang dilakukan saat pemanenan yaitu meliputi berat basah dan panjang akar tanaman.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil sidik ragam yang dilakukan pada setiap variabel pengamatan menunjukkan hasil tidak ada interaksi antara dosis biochar dan dosis pupuk NPK terhadap variabel pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah secara vertikultur. Rangkuman nilai f-hitung dari perlakuan dosis biochar dan dosis pupuk NPK pada tanaman bayam merah secara vertikultur pada seluruh variabel pengamatan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Rangkuman Nilai F-hitung Variabel Pengamatan

Variabel Pengamatan (Satuan)	Nilai F-Hitung		
	Dosis Biochar (A)	Dosis Pupuk (B)	Interaksi (AxB)
Tinggi Tanaman (cm)			
7 HST	0,10 ns	0,41 ns	0,43 ns
14 HST	23,01 **	3,04 ns	3,74 ns
21 HST	7,30 **	2,79 ns	0,50 ns
25 HST	21,07 **	1,16 ns	0,56 ns
Luas Daun (Leaf Area) (cm²)			
7 HST	0,01 ns	0,38 ns	0,18 ns
14 HST	115,83 **	0,46 ns	1,00 ns
21 HST	4,66 **	0,35 ns	0,31 ns
25 HST	10,36 **	0,21 ns	0,99 ns
Jumlah Daun (helai)			
7 HST	0,00 ns	0,00 ns	0,00 ns
14 HST	45,68 **	0,84 ns	0,53 ns
21 HST	1,50 ns	0,08 ns	0,32 ns
25 HST	2,80 ns	0,40 ns	0,25 ns
Berat Basah (gram)			
25 HST	13,80 **	1,46 ns	1,14 ns
Panjang Akar (cm)			
25 HST	20,42 **	1,89 ns	0,30 ns
Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman			
25 HST	6,17 **	0,64 ns	1,12 ns

Keterangan : ** Berbeda Sangat Nyata; * Berbeda Nyata, ns Berbeda Tidak Nyata

Berdasarkan data pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa interaksi antara dosis biochar dan dosis pupuk NPK memberikan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap semua variabel pengamatan pada setiap waktu pengamatan. Perlakuan tunggal dosis biochar menunjukkan pengaruh nyata pada semua variabel pengamatan dan hampir disemua waktu pengamatan. Sedangkan faktor tunggal dosis pupuk NPK menunjukkan pengaruh tidak nyata pada hampir semua variabel pengamatan dan waktu pengamatan kecuali pada panjang akar.

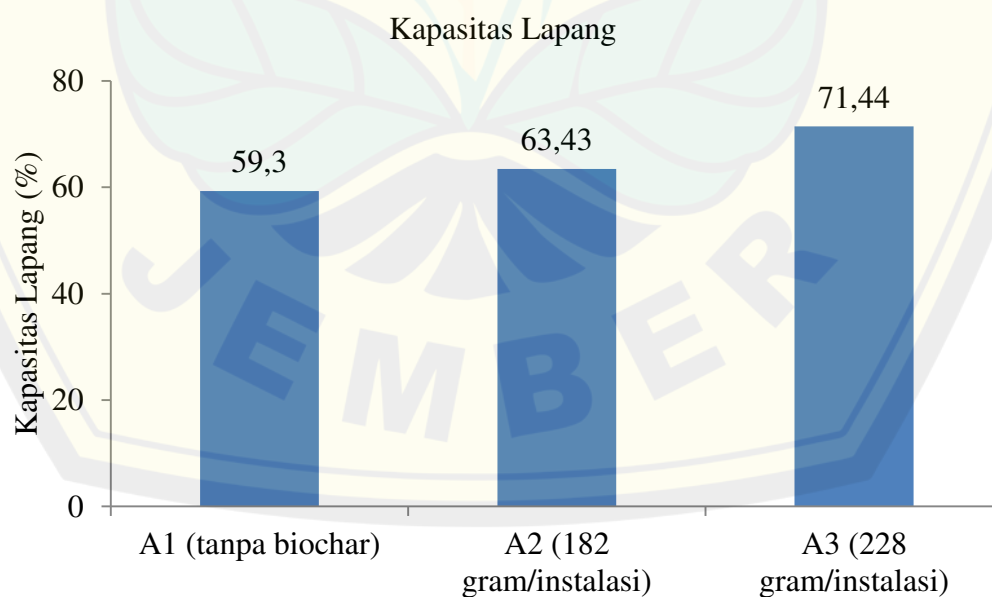
4.1.1 Karakteristik Media Tanam

Perlakuan media tanam yaitu menggunakan tanah campuran biochar ampas tebu yang disesuaikan dengan perlakuan penelitian. Tekstur tanah yang digunakan disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Analisis Tekstur Tanah

No	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Tekstur
1.	53,8	17,1	29,1	Sandy Clay Loam
2.	54,5	20,3	25,2	Sandy Clay Loam

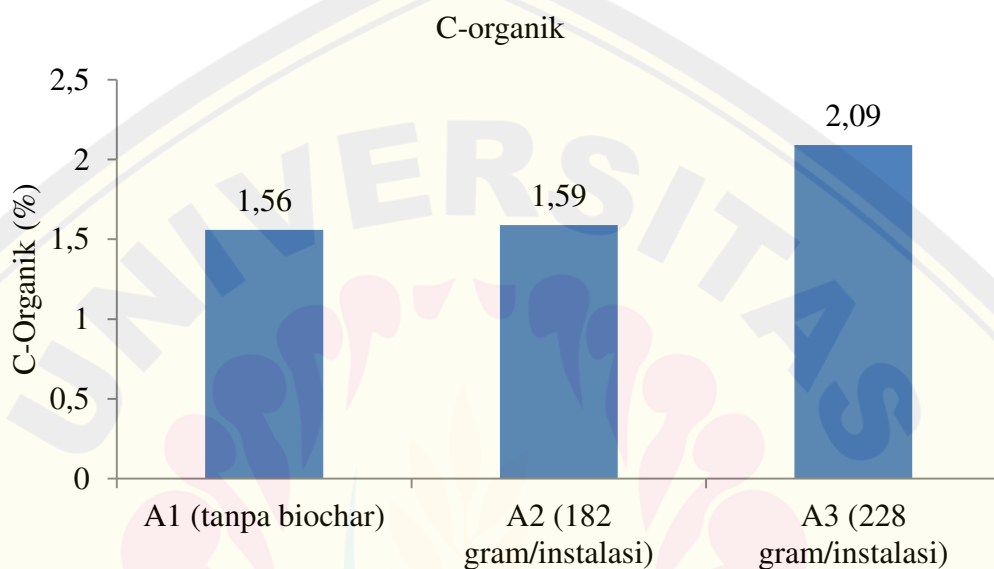
Berdasarkan hasil uji laboratorium biochar ampas tebu memiliki berat volume (BV) $0,17 \text{ g/cm}^3$. Masing-masing perlakuan media tanam dilakukan analisis kapasitas lapang disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kapasitas Lapang Media Tanam

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa pemberian biochar dapat meningkatkan kapasitas lapang pada tanah. Nilai kapasitas lapang tertinggi yaitu pada perlakuan dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) dan terendah pada perlakuan tanpa biochar (A1).

Pada setiap perlakuan media tanam juga dilakukan analisis C-organik yaitu disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Nilai C-Organik

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa pemberian biochar dapat meningkatkan nilai C-organik. Nilai C-organik tertinggi yaitu pada perlakuan dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) dan terendah pada perlakuan tanpa biochar (A1).

Biochar meningkatkan kapasitas lapang dan C-organik pada tanah. Dosis biochar 228 gram/instalasi merupakan perlakuan optimum untuk memperoleh nilai kapasitas lapang dan C-organik tanah terbaik.

Pada setiap kombinasi perlakuan pemupukan juga dilakukan analisis unsur hara setelah panen yang meliputi analisis kandungan C-organik, N, P, dan K. Berikut merupakan kriteria penilaian sifat kimia tanah menurut Pusat Penelitian Tanah (1983) terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Penilaian Sifat Kimia Tanah

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C (%)	<1.00	1.00 – 2.00	2.01 – 3.00	3.01 – 5.00	>5.00
N (%)	<0.10	0.10 – 0.20	0.21 – 0.50	0.51 – 0.75	>0.70
P Bray (ppm)	<10	10 – 15	16 – 25	26 – 35	>35
K (me/100 gr)	<0.1	0.1 – 0.2	0.3 – 0.5	0.6 – 1.0	>1.0

Berdasarkan kriteria penilaian sifat kimia tanah diatas. Berikut merupakan tabel hasil analisis kandungan unsur-unsur hara pada tanah setelah pemupukan.

Tabel 4.4 Analisis Hara Setelah Pemupukan

Perlakuan		C	N	P	K
B1	A1	0,44 (SR)	0,11 (R)	18,21 (S)	0,29 (R)
	A2	1,12 (R)	0,13 (R)	30,97 (T)	0,44 (S)
	A3	0,86 (SR)	0,10 (R)	17,56 (S)	0,27 (R)
B3	A1	1,07 (R)	0,12 (R)	30,26 (T)	0,50 (S)
	A2	1,23 (R)	0,14 (R)	23,59 (S)	0,34 (S)
	A3	2,83 (S)	0,23 (S)	17,42 (S)	0,43 (S)

Ket: SR (sangat rendah); R (rendah); S (sedang); T (tinggi); ST (sangat tinggi)

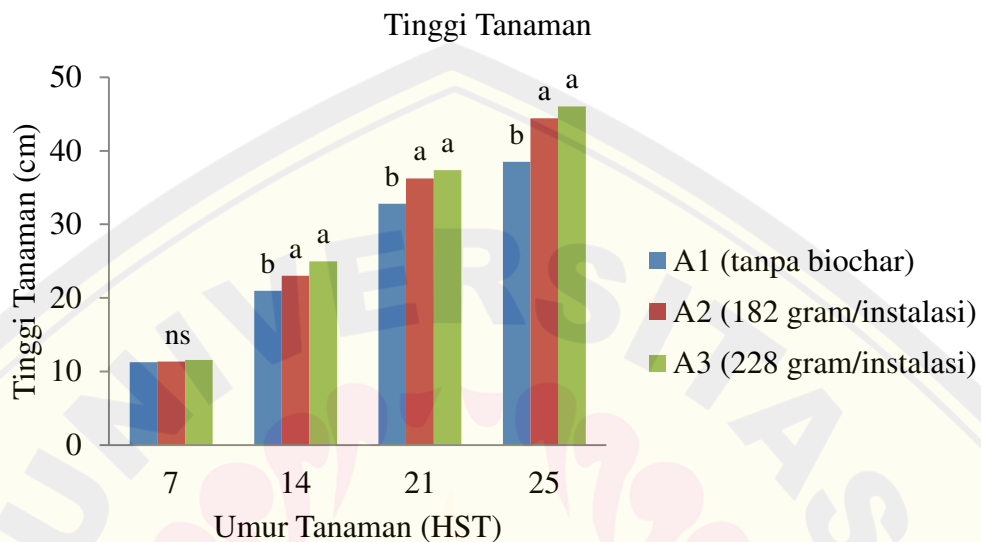
Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa dosis pupuk NPK tertinggi dan dosis pupuk NPK terendah tidak berpengaruh signifikan pada perbedaan kandungan unsur hara. Rata-rata kandungan C-organik, Nitrogen, dan Fosfor setelah penanaman memiliki nilai tertinggi yaitu pada perlakuan dosis pupuk NPK 3 gram/tanaman (B3). Dosis pupuk NPK tidak berpengaruh pada kandungan Kalium.

Dosis pupuk tertinggi menyebabkan kandungan unsur hara yang lebih tinggi sehingga akan berpengaruh pada pertumbuhan dan hasil tanaman. Dosis pupuk NPK 3 gram/tanaman merupakan dosis tertinggi yang menghasilkan hara tertinggi pada tanah setelah proses penanaman.

4.1.2 Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan setiap minggu yaitu 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan 25 HST. Hasil analisis sidik ragam pada variabel tinggi

tanaman menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada faktor perlakuan dosis biochar dan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada faktor dosis pupuk NPK maupun pada interaksi kedua faktor. Hasil pengamatan tinggi tanaman berdasarkan perlakuan dosis biochar disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Tinggi Tanaman

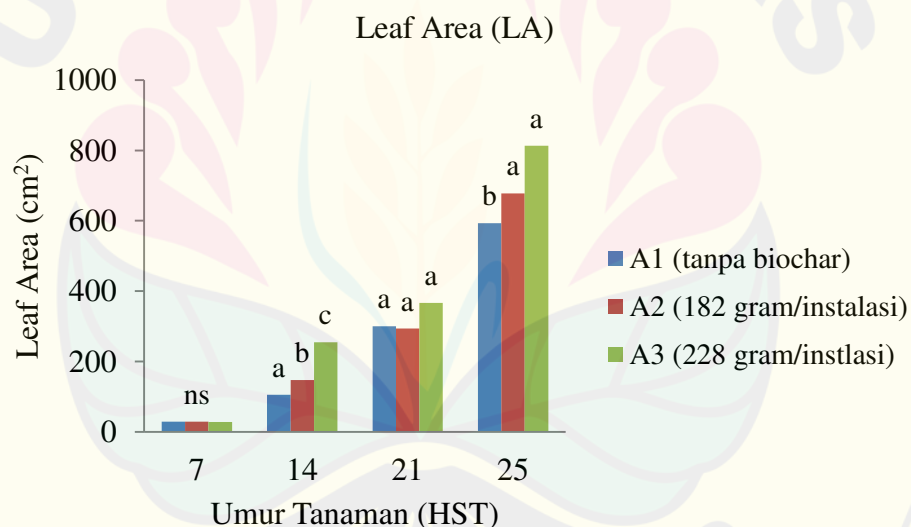
Berdasarkan Gambar 4.3 dosis biochar 228 gram/installasi (A3) memberikan nilai rata-rata tertinggi sedangkan nilai rata-rata terendah didominasi oleh perlakuan tanpa biochar (A1). Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, perlakuan dosis biochar menunjukkan hasil yang berbeda nyata kecuali pada pengamatan 7 HST. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 5% perlakuan dosis biochar 182 gram/installasi (A2) dan dosis biochar 228 gram/installasi (A3) memiliki notasi yang sama dan memiliki notasi yang berbeda pada perlakuan tanpa biochar (A1). Maka perlakuan dosis biochar berpengaruh dari pada perlakuan tanpa biochar.

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil analisis sidik ragam (ANOVA), perlakuan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel tinggi tanaman pada setiap waktu pengamatan. Begitu pula pada interaksi antara dosis biochar dan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel tinggi tanaman pada setiap waktu pengamatan.

Faktor tunggal perlakuan dosis biochar meningkatkan tinggi tanaman secara landai. Dosis biochar 228 gram/instalasi merupakan dosis perlakuan optimum untuk memperoleh tinggi tanaman terbaik. Faktor tunggal pemberian pupuk NPK tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, dan tidak terdapat interaksi antara perlakuan dosis biochar dengan pupuk NPK.

4.1.3 Luas Daun (Leaf Area)

Pengamatan Luas daun (Leaf Area) dilakukan pada setiap minggu yaitu pada 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan 25 HST. Hasil analisis sidik ragam pada variabel Luas Daun menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada faktor perlakuan dosis biochar dan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada faktor dosis pupuk NPK maupun pada interaksi kedua faktor. Hasil pengamatan Luas daun berdasarkan perlakuan dosis biochar disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Luas Daun (Leaf Area)

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa pertumbuhan Luas daun menunjukkan adanya peningkatan pada pada semua taraf perlakuan pada setiap minggu pengamatan. Dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) memberikan hasil nilai rata-rata tertinggi pada setiap minggunya dan nilai rata-rata terendah didominasi oleh perlakuan tanpa biochar (A1). Berdasarkan hasil analisis sidik

ragam (ANOVA), perlakuan dosis biochar menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada setiap waktu pengamatan kecuali pada pengamatan 7 HST.

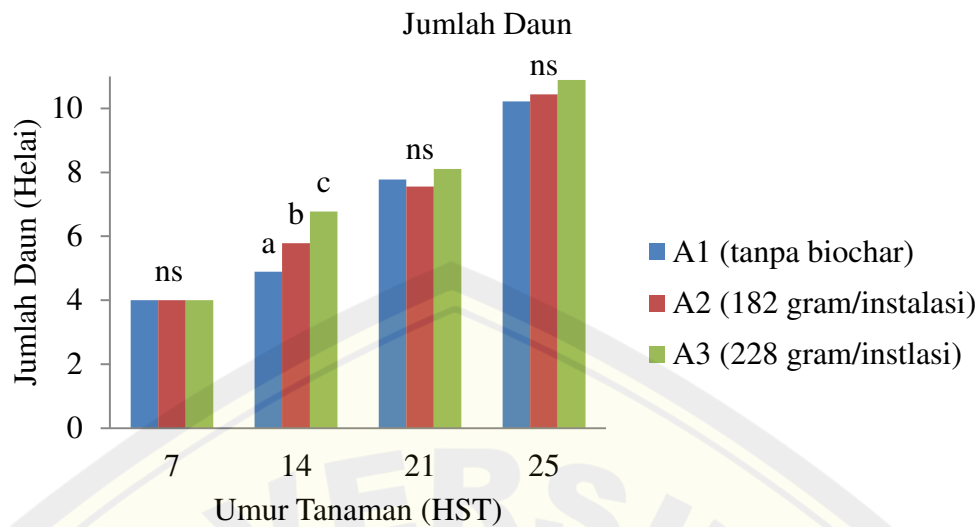
Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 5% pada pengamatan 14 HST, setiap dosis biochar memiliki notasi berbeda yang menunjukkan dosis biochar memiliki pengaruh yang signifikan. Pada pengamatan 21 HST setiap dosis biochar memiliki notasi sama yang menunjukkan dosis biochar tidak memiliki pengaruh yang signifikan. Pada pengamatan 25 HST dosis biochar 182 gram/instalasi (A2) dan dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) memiliki notasi sama dan memiliki notasi berbeda pada perlakuan tanpa biochar (A1) yang menunjukkan dosis biochar memiliki pengaruh yang signifikan dari pada perlakuan tanpa biochar.

Berdasarkan data Tabel 4.1 hasil analisis sidik ragam (ANOVA), perlakuan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel luas daun pada setiap waktu pengamatan. Begitu pula pada interaksi antara dosis biochar dan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel luas daun tanaman pada setiap waktu pengamatan.

Faktor tunggal perlakuan dosis biochar meningkatkan luas daun tanaman. Dosis biochar 228 gram/instalasi merupakan dosis perlakuan terbaik untuk memperoleh luas daun tanaman tertinggi. Faktor tunggal perlakuan pupuk NPK tidak mempengaruhi luas daun tanaman. Perlakuan dosis biochar dan pupuk NPK berinteraksi dalam meningkatkan luas daun tanaman tanaman.

4.1.4 Jumlah Daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan pada setiap minggu yaitu pada 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan 25 HST. Hasil analisis sidik ragam pada variabel jumlah daun menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada faktor perlakuan dosis biochar dan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada faktor dosis pupuk NPK maupun pada interaksi kedua faktor. Hasil pengamatan jumlah daun berdasarkan perlakuan dosis biochar disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Jumlah Daun

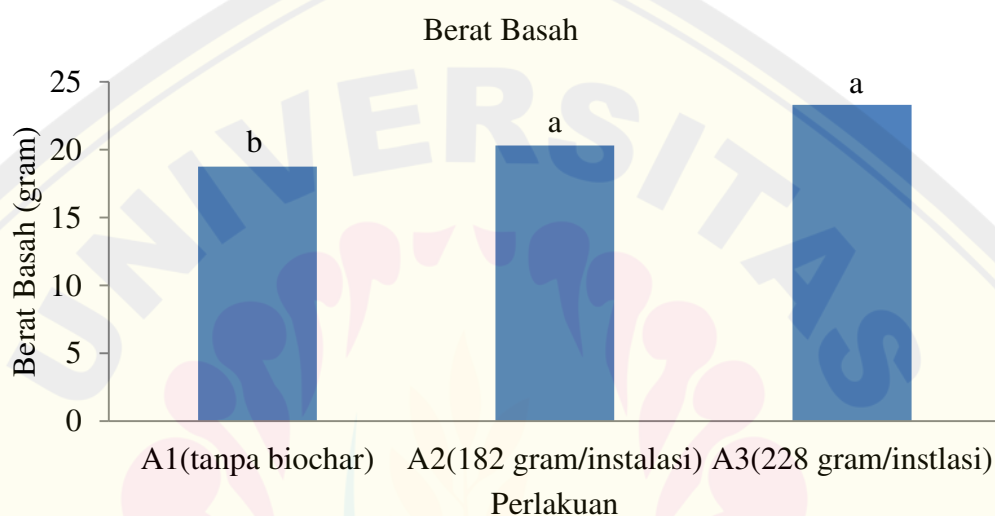
Berdasarkan Gambar 4.5 pertumbuhan jumlah daun menunjukkan adanya peningkatan pada semua taraf perlakuan di setiap minggu pengamatan. Dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) mendominasi hasil nilai rata-rata tertinggi jumlah daun pada setiap minggunya. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, perlakuan dosis biochar tidak berbeda nyata pada setiap waktu pengamatan kecuali pada pengamatan 14 HST. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 5% pada setiap perlakuan dosis biochar memiliki notasi yang berbeda yang menunjukkan setiap dosis biochar memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah daun tanaman.

Berdasarkan data Tabel 4.1 hasil analisis sidik ragam (ANOVA), perlakuan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel jumlah daun tanaman pada setiap waktu pengamatan. Pada interaksi antara dosis biochar dan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel jumlah daun tanaman pada setiap waktu pengamatan.

Dosis biochar meningkatkan jumlah daun tanaman. Dosis biochar 228 gram/instalasi adalah dosis perlakuan terbaik yang memberikan respon jumlah daun terbanyak. Dosis pupuk NPK tidak mempengaruhi perbedaan jumlah daun pada tanaman. Biochar dan pupuk NPK tidak saling berinteraksi dalam meningkatkan jumlah daun tanaman.

4.1.5 Berat Basah Tanaman

Pengamatan berat basah tanaman dilakukan pada saat pemanenan yaitu 25 HST. Hasil analisis sidik ragam pada variabel berat basah tanaman menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada faktor perlakuan dosis biochar dan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada faktor dosis pupuk NPK maupun pada interaksi kedua faktor. Hasil pengamatan berat basah tanaman berdasarkan perlakuan dosis biochar disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Berat Basah Tanaman

Berdasarkan Gambar 4.6 dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) memberikan hasil nilai rata-rata tertinggi berat basah tanaman pada setiap minggunya dan nilai rata-rata terendah pada perlakuan tanpa biochar (A1). Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, perlakuan dosis biochar berbeda nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 5% dosis biochar 182 gram/instalasi (A2) dan dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) memiliki notasi yang sama dan memiliki notasi yang berbeda pada perlakuan tanpa biochar (A1), yang menunjukkan dosis biochar memiliki pengaruh signifikan dari pada perlakuan tanpa biochar terhadap berat basah tanaman.

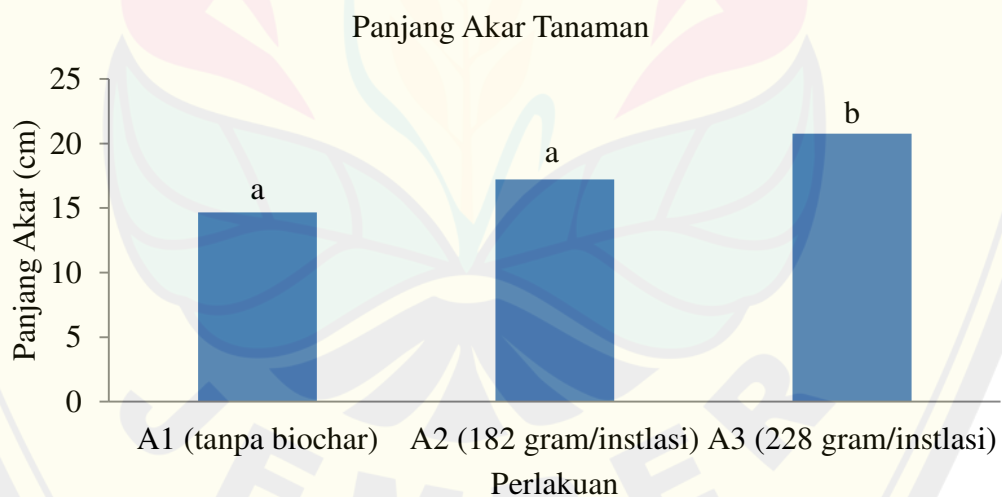
Berdasarkan data Tabel 4.1 hasil analisis sidik ragam (ANOVA), perlakuan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada

variabel berat basah tanaman pada setiap waktu pengamatan. Begitu pula pada interaksi antara dosis biochar dan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel berat basah tanaman pada setiap waktu pengamatan.

Faktor tunggal perlakuan dosis biochar meningkatkan berat basah tanaman. Berat basah tanaman optimum diperoleh dari dosis biochar 228 gram/instalasi. Faktor tunggal pemberian pupuk NPK mempengaruhi hasil berat basah tanaman. Masing-masing faktor perlakuan yaitu dosis biochar dan dosis pupuk NPK tidak saling berinteraksi dalam meningkatkan berat basah tanaman.

4.1.6 Panjang Akar

Pengamatan panjang akar tanaman dilakukan pada saat pemanenan yaitu 25 HST. Hasil analisis sidik ragam pada variabel panjang akar tanaman menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada faktor perlakuan dosis biochar dan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada faktor dosis pupuk NPK maupun pada interaksi kedua faktor. Hasil pengamatan panjang akar tanaman berdasarkan perlakuan dosis biochar disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Panjang Akar Tanaman

Berdasarkan Gambar 4.7 dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) memberikan hasil nilai rata-rata tertinggi pada panjang akar tanaman pada setiap minggunya dan nilai rata-rata terendah pada tanpa biochar (A1). Berdasarkan

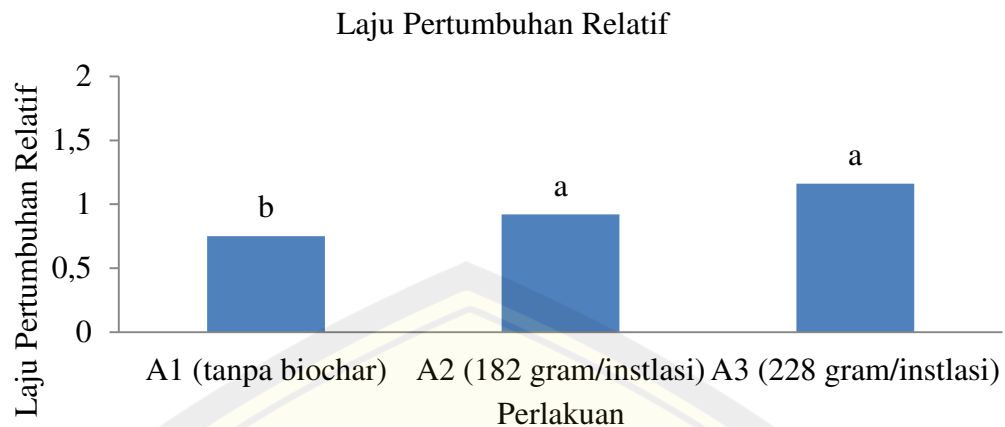
analisis sidik ragam, dosis biochar menunjukkan hasil berbeda nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 5% dosis biochar 182 gram/instalasi (A2) dan dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) memiliki notasi yang sama dan memiliki notasi yang berbeda pada perlakuan tanpa biochar (A1), yang menunjukkan dosis biochar memiliki pengaruh signifikan dari pada perlakuan tanpa biochar terhadap panjang akar tanaman.

Berdasarkan data Tabel 4.1 hasil analisis sidik ragam (ANOVA), perlakuan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel panjang akar tanaman pada setiap waktu pengamatan. Begitu pula pada interaksi antara dosis biochar dan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel panjang tanaman pada setiap waktu pengamatan.

Biochar meningkatkan panjang akar tanaman. Panjang akar tanaman terbaik diperoleh dari dosis biochar 228 gram/instalasi. Pupuk NPK tidak mempengaruhi pertumbuhan panjang akar tanaman. Biochar dan pupuk NPK tidak berinteraksi pada peningkatan panjang akar tanaman.

4.1.7 Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR)

Laju Pertumbuhan Relatif tanaman dapat ditentukan melalui pengamatan berat kering tanaman yang dilakukan pada 14 HST dan 21 HST. Hasil analisis sidik ragam pada variabel Laju Pertumbuhan Relatif tanaman menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada faktor perlakuan dosis biochar dan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada faktor dosis pupuk NPK maupun pada interaksi kedua faktor. Hasil pengamatan Laju Pertumbuhan Relatif tanaman berdasarkan perlakuan dosis biochar disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Laju Pertumbuhan Relatif

Berdasarkan Gambar 4.8 dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) memberikan nilai rata-rata tertinggi dan nilai rata-rata terendah pada perlakuan tanpa biochar (A1) pada Laju Pertumbuhan Relatif tanaman pada setiap minggunya. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, dosis biochar berbeda nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan 5% dosis biochar 182 gram/instalasi (A2) dan dosis biochar 228 gram/instalasi (A3) memiliki notasi yang sama dan memiliki notasi yang berbeda pada perlakuan tanpa biochar (A1), yang menunjukkan dosis biochar memiliki pengaruh signifikan dari pada perlakuan tanpa biochar terhadap laju pertumbuhan relatif tanaman.

Berdasarkan data Tabel 4.1 hasil analisis sidik ragam (ANOVA), perlakuan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel Laju Pertumbuhan Relatif tanaman pada setiap waktu pengamatan. Begitu pula pada interaksi antara dosis biochar dan dosis pupuk NPK menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada variabel Laju Pertumbuhan Relatif tanaman pada setiap waktu pengamatan.

Faktor tunggal perlakuan dosis biochar dapat mengintensifkan Laju Pertumbuhan Relatif tanaman. Laju Pertumbuhan Relatif tanaman terbaik yaitu pada aplikasi dosis biochar 228 gram/instalasi. Faktor tunggal pemberian pupuk NPK tidak berpengaruh terhadap Laju Pertumbuhan Relatif tanaman. Kedua

faktor perlakuan tidak menunjukkan interaksi dalam peningkatan Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Tinggi Tanaman

Faktor tunggal perlakuan dosis biochar meningkatkan tinggi tanaman secara landai. Dosis biochar 228 gram/instalasi merupakan dosis perlakuan optimum untuk memperoleh tinggi tanaman terbaik. Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan indikator terpenuhinya kebutuhan unsur hara tanaman (Koto *et al.*, 2021). Biochar pada media tanam berperan sebagai habitat mikroba tanah. Kelimpahan mikroba tanah erat kaitannya dengan ketersediaan unsur hara dan karbon tanah (Luo *et al.*, 2020). Biochar ampas tebu meningkatkan populasi bakteri *actinomycetes* untuk meningkatkan nutrisi tanah sehingga tinggi tanaman meningkat (Nie *et al.*, 2018).

Faktor tunggal pemberian pupuk NPK tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Pupuk NPK hanya berperan sebagai unsur hara esensial untuk menunjang pertumbuhan tanaman yang terbukti meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman bayam merah pada setiap minggunya. Peningkatan tinggi tanaman tak lepas dari tercukupinya nutrisi yang mendukung proses metabolisme tanaman. Unsur P pada pupuk NPK berperan dalam pembelahan sel tanaman dan menguatkan batang (Prayogo, 2007).

Aplikasi biochar dan pupuk NPK meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman. Peningkatan dosis biochar berbanding lurus dalam meningkatkan tinggi tanaman. Dosis biochar 228 gram/instalasi merupakan dosis perlakuan terbaik untuk meningkatkan tinggi tanaman. Peningkatan tinggi tanaman tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk NPK.

4.2.2 Luas Daun (Leaf Area)

Faktor tunggal perlakuan dosis biochar meningkatkan luas daun tanaman. Dosis biochar 228 gram/instalasi merupakan dosis perlakuan terbaik untuk memperoleh luas daun tanaman tertinggi. Pada hal ini biochar berperan

merentensi unsur hara sehingga kebutuhan nutrisi tanaman terpenuhi dengan baik dan memberikan respon pertumbuhan ukuran tanaman. Daun sebagai tempat fotosintesis akan menghasilkan fotosintat untuk ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman. Semakin besar luas daun semakin besar pula cahaya yang ditangkap oleh tanaman, sehingga proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik.

Berdasarkan penelitian Warsidah *et al* (2021), penambahan biochar ampas tebu pada tanaman dapat mengefisienkan penyerapan nitrogen sebesar 38%-66% dan penyerapan amonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebesar 56,5%-84,5%. Efisiensi penyerapan nitrogen merespon pada pertumbuhan daun seperti pertumbuhan ukuran, jumlah, serta nilai klorofil daun.

Faktor tunggal perlakuan pupuk NPK mempengaruhi pertumbuhan luas daun yang terbukti dengan meningkatnya pertumbuhan luas daun pada setiap minggunya. Nitrogen (N) merupakan unsur hara makro yang terdapat pada pupuk NPK yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah banyak. Unsur N diperlukan oleh tanaman sebagai penyusun klorofil daun (Muhammad *et al.*, 2020).

Biochar dan pupuk NPK meningkatkan luas daun tanaman. Kenaikan dosis biochar direspon dengan bertambahnya nilai luas daun tanaman. Dosis biochar 228 gram/instalasi adalah dosis perlakuan yang memberikan nilai luas daun tanaman terbaik. Kenaikan nilai luas daun tanaman tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk NPK.

4.2.3 Jumlah Daun

Dosis biochar meningkatkan jumlah daun tanaman. Dosis biochar 228 gram/instalasi merupakan dosis perlakuan terbaik yang memberikan respon jumlah daun terbanyak. Pertambahan jumlah daun tanaman dipengaruhi oleh proses fotosintesis. Ketersediaan unsur hara yang menjadi faktor penting keberhasilan proses fotosintesis. Aplikasi biochar berperan dalam memperbaiki kualitas tanah sehingga ketersediaan hara dalam tanah meningkat.

Biochar dapat memperbaiki sifat fisika tanah seperti meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Kapasitas Tukaran Kation yang tinggi menyebabkan penggunaan nitrogen lebih efisien sehingga memberikan respon

pertumbuhan jumlah daun. Menurut Alves *et al* (2020), tingginya Kapasitas Tukar Kation tanah juga berpengaruh pada ketersediaan Ca, Mg, dan K. Selain itu, aplikasi biochar juga mengubah tingkat mikronutrien dalam tanah termasuk Fe, Mn, Cu, Zn, B, dan Ni.

Dosis pupuk NPK tidak mempengaruhi perbedaan jumlah daun pada tanaman. Nitrogen pada pupuk NPK bermanfaat untuk pertumbuhan vegetatif tanaman seperti pembentukan dan penyusun klorofil daun. Nitrogen merupakan penyusun protein, asam amino, dan lemak (Mansyur *et al.*, 2021). Ketersediaan unsur hara dalam jumlah yang cukup dan seimbang merupakan faktor utama yang menentukan tingkat keberhasilan pertumbuhan dan perbanyakan jumlah daun tanaman yang maksimum. Terpenuhinya unsur nitrogen yang optimal menunjukkan respon bertambahnya jumlah daun tanaman bayam. Aplikasi pupuk NPK berfungsi sebagai penyedia asupan nitrogen meningkatkan jumlah daun tanaman pada setiap minggunya.

Perlakuan biochar dan pupuk NPK menambah jumlah daun tanaman. Jumlah daun tanaman meningkat sejalan dengan bertambahnya dosis biochar. Dosis biochar 228 gram/instalasi merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan jumlah daun tanaman. Bertambahnya jumlah daun tanaman tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk NPK.

4.2.4 Berat Basah

Faktor tunggal perlakuan biochar meningkatkan berat basah tanaman. Berat basah optimum diperoleh dari dosis biochar 228 gram/instalasi. Berat basah tanaman merupakan cerminan dari efisiensi penyerapan unsur hara. Pada sistem vertikultur nutrisi tanaman tidak mudah hanyut sehingga dapat dimanfaatkan sepenuhnya oleh tanaman (Ariati, 2017). Selain itu, melalui budidaya vertikultur kompetensi unsur hara baik oleh tanaman lain maupun gulma lebih rendah dari pada metode konvensional (Nadya *et al.*, 2022).

Terpenuhinya nutrisi secara optimal memberikan respon pada pertumbuhan tanaman yang merupakan bentuk adanya proses pembelahan dan pembesaran sel dari hasil fotosintat tanaman. Biochar berperan dalam

meningkatkan sifat kimia tanah seperti C-organik tanah. Senyawa C yang terdapat pada biochar bersifat *slow-realesse* yang artinya cepat tersedia dalam jangka waktu lama sehingga dapat meningkatkan prosentasi C-organik dalam tanah (Yuniwati, 2020).

Biochar juga berfungsi sebagai peretensi hara serta air yang menjadi faktor terpenuhinya nutrisi yang optimal bagi tanaman. Biochar bersifat stabil dan kaya akan karbon (>50%) (Aisyah, 2019). Senyawa karbon tertutup pada biochar menyebabkan biochar resisten terhadap dekomposisi dan demineralisasi. Biochar mencegah pencucian nutrisi pada tanah sehingga dengan semakin menurunnya pencucian maka hara yang diserap oleh tanaman lebih maksimal begitu pula dengan fotosintat yang dihasilkan. Hal ini akan merespon peningkatan terhadap pertumbuhan tanaman.

Faktor tunggal pemberian pupuk NPK meningkatkan hasil berat basah tanaman. Pertumbuhan tanaman tak lepas dari tercukupinya nutrisi yang mendukung proses metabolisme tanaman. Pupuk NPK Phonska mengandung 15% Nitrogen, 15% Fosfat, 15% Kalium, dan 10% Sulfur (Petro Kimia Gresik, 2012). Unsur kalium merupakan unsur hara makro yang berperan dalam transportasi hasil-hasil asimilasi fotosintesa dari daun ke seluruh organ tanaman mulai dari akar, tunas/anakan, serta biji. Terpenuhinya kebutuhan unsur-unsur hara tersebut memberikan hasil berat basah yang optimal (Sa'adah dan Islami., 2019).

Aplikasi biochar dan pupuk NPK menambah nilai berat basah tanaman. Kenaikan dosis biochar berpengaruh pada meningkatnya nilai berat basah tanaman. Dosis perlakuan terbaik yaitu pada dosis biochar 228 gram/instalasi. Dosis pupuk NPK tidak mempengaruhi peningkatan berat basah tanaman.

4.2.5 Panjang Akar

Biochar meningkatkan panjang akar tanaman. Panjang akar tanaman terbaik diperoleh dari dosis biochar 228 gram/instalasi. Pertumbuhan akar tanaman dipengaruhi sifat fisik tanah seperti pori tanah dan struktur tanah. Tanah merupakan tempat berkembangnya akar dan tempat berinteraksinya unsur hara dan tanaman dan juga berkaitan dengan ketersediaan air tanah (Purba *et al.*, 2021).

Tanah harus memiliki tekstur remah atau gembur untuk memberikan ruang yang baik bagi pertumbuhan akar.

Penambahan biochar pada tanah dapat meningkatkan porositas tanah karena luas permukaannya yang tinggi dan kaya akan karbon. Biochar dapat mengikat agregat mikro tanah menjadi agregat makro sehingga diameter agregat tanah meningkat (Sharma *et al.*, 2021). Pembentukan dan stabilitas makroagregat tanah dapat mengurangi kerapatan massa tanah sehingga memungkinkan akar berkembang dengan baik.

Biochar meningkatkan kelembaban tanah. Biochar memiliki luas permukaan yang besar dan jumlah pori yang tinggi yang bertindak sebagai cadangan air kapiler. Luas permukaan dan volume pori yang tinggi dapat meningkatkan kapasitas retensi air tanah melalui pengurangan *bulk density* tanah (Haque *et al.*, 2021). C-organik biochar yang bersifat resisten terhadap pelapukan mempengaruhi perubahan komposisi fraksi penyusun tanah terutama bobot isi tanah dan porositas tanah (Mateus, 2017). Hal ini bermanfaat bagi akar agar tetap sehat dan berkembang dengan optimal.

Penambahan biochar juga berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur K karena kandungan abu yang tinggi dapat menyerap ion K pada permukaannya. Aplikasi biochar juga mendorong pertumbuhan bakteri pelarut K serta meningkatkan pelepasan K dari mineral tanah (Haque *et al.*, 2021). Unsur K sendiri merupakan unsur yang berperan dalam mendukung perkembangan akar dan menjaga pertahanan akar dalam menghadapi kekeringan (Prayugo, 2007).

Pupuk NPK mempengaruhi pertumbuhan panjang akar tanaman. Aplikasi pupuk NPK berperan dalam pertumbuhan panjang akar karena bertindak sebagai unsur hara esensial. Pertumbuhan panjang akar tanaman tak lepas dari tercukupinya nutrisi yang mendukung proses penyerapan. Terdapat unsur K pada pupuk NPK yang berperan merangsang perkembangan akar. Terpenuhinya unsur K memudahkan akar dalam menyerap unsur P yang terikat dengan unsur N (Prayugo, 2007).

Biochar dan pupuk NPK menambah panjang akar tanaman. Bertambahnya panjang akar tanaman seiring dengan bertambahnya dosis biochar. Panjang akar

tanaman terbaik diperoleh dari dosis biochar 228 gram/instalasi. Dosis pupuk NPK tidak berpengaruh pada bertambahnya panjang akar tanaman.

4.2.6 Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)

Faktor tunggal perlakuan dosis biochar dapat meningkatkan Laju Pertumbuhan Relatif tanaman. Laju Pertumbuhan Tanaman terbaik diperoleh dari dosis biochar 228 gram/instalasi. Laju Pertumbuhan Relatif tanaman merupakan peningkatan berat kering tanaman pada suatu interval waktu (Koryati *et al.*, 2021). Laju Pertumbuhan Relatif tanaman merupakan keseimbangan fotosintesis dan respirasi, bila respirasi jauh lebih besar dari fotosintesis maka akan berkurang berat kering tanamannya. Laju Pertumbuhan Relatif meningkat seiring bertambahnya umur tanaman dan kebutuhan unsur hara (Alphiani *et al.*, 2018).

Aplikasi biochar memiliki beberapa manfaat bagi tanah dan tanaman. Biochar meningkatkan ruang pori tanah sehingga meningkatkan serapan air dan hara serta meningkatkan oksigen dalam tanah. Biochar juga meningkatkan aktivitas mikroorganisme sehingga proses mineralisasi nutrisi juga meningkat. Serapan unsur hara dan kadar oksigen yang optimal meningkatkan kadar klorofil daun tanaman sehingga proses fotosintesis dan respirasi meningkat sehingga Laju Pertumbuhan Relatif tanaman juga meningkat (Soedradjad dan Usmadi., 2018).

Faktor tunggal pemberian pupuk NPK meningkatkan Laju Pertumbuhan Relatif tanaman. Dosis pupuk NPK tidak berpengaruh pada Laju Pertumbuhan Relatif tanaman. Laju pertumbuhan Relatif Tanaman merupakan hasil bobot kering tanaman yang merupakan hasil akumulasi fotosintat tanaman (Ariffin *et al.*, 2020). Pupuk NPK merupakan unsur hara makro yang diserap tanaman untuk memicu pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman (Zulkifli *et al.*, 2020). Tercukupinya unsur hara memberikan hasil fotosintat yang optimal sehingga meningkatkan laju pertumbuhan tanaman pada setiap minggunya.

Perlakuan biochar dan pupuk NPK menaikkan laju pertumbuhan tanaman. Laju pertumbuhan meningkat ketika dosis biochar ditingkatkan. Dosis biochar 228 gram/instalasi adalah perlakuan terbaik yang memberikan nilai laju

pertumbuhan tanaman tertinggi. Namun, bertambahnya nilai laju pertumbuhan tanaman tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk NPK.

4.2.7 Interaksi Perlakuan Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman

Perlakuan dosis biochar dan dosis pupuk NPK tidak memiliki hubungan interaksi. Hal ini diduga karena antara biochar dan pupuk NPK keduanya bekerja secara masing-masing dan tidak saling mempengaruhi antara satu dengan yang lainnya. Salah satu faktor antara biochar dan pupuk NPK yang pengaruhnya lebih kuat menyebabkan pengaruh salah satu faktor akan tertutupi. Setiap faktor mempunyai sifat yang berbeda pengaruh dan sifat kerjanya sakan menghasilkan hubungan berbeda dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Sutedjo, 2002).

Tidak terjadinya suatu interaksi antara dua faktor perlakuan menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut tidak mampu bersinergi (bekerja sama) karena memiliki mekanisme kerja yang berbeda. Suatu faktor tidak berperan secara optimal atau antagonis yaitu saling menekan pengaruh masing-masing. Selain itu tidak terjadinya interaksi karena kedua faktor memiliki peran yang sama yaitu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Hanafiah, 2005).

Biochar berperan meningkatkan serapan tanaman terhadap NPK yang meningkatkan pertumbuhan tanaman (Verdiana *et al.*, 2016). Biochar ampas tebu memiliki permukaan berpori yang berfungsi menyerap air dan zat hara seperti Mg, N, P, K serta senyawa yang mendukung kesuburan tanah (Suparnawati *et al.*, 2021). Dosis pupuk NPK tidak berpengaruh pada pertumbuhan tanaman diduga karena aplikasi biochar mampu mengimbangi setiap dosis pupuk NPK sehingga kebutuhan nutrisi masih tetap terpenuhi secara optimal..

Tidak adanya interaksi antara biochar dan pupuk NPK dapat diduga juga karena pertumbuhan tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal (hormon atau nutrisi) tetapi juga faktor eksternal (lingkungan) yang mencakup status air di dalam jaringan tanaman, suhu areal pertanaman dan intensitas matahari (Panataria *et al.*, 2020).

Biochar dan pupuk NPK tidak saling berinteraksi satu sama lain. Biochar dan pupuk NPK mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Pertambahan

dosis biochar berbanding lurus dengan pertumbuhan dan hasil tanaman. Pertambahan dosis pupuk NPK tidak mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman.



BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Aplikasi biochar meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada budidaya bayam merah secara vertikultur. Perlakuan dosis biochar 182-228 gram/instalasi menaikkan pertumbuhan tinggi tanaman hingga 46,04 cm, jumlah daun 10,89 helai, luas daun 813,293 cm², panjang akar 20,77 cm, dan laju pertumbuhan tanaman 1,16 gram/hari. Biochar menambah hasil berat basah tanaman sampai 23,31 gram. Berdasarkan efisiensi hasil penelitian, rekomendasi untuk memperoleh pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah terbaik diperoleh dengan pemberian biochar 182 gram/instalasi atau setara dengan 40 ton/ha dengan pupuk NPK 2 gram/tanaman atau setara dengan 400 kg/ha.
2. Aplikasi pupuk NPK mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada budidaya bayam merah secara vertikultur. Dosis pupuk NPK 2 gram/tanaman sampai 3 gram/tanaman tidak mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, panjang akar, laju pertumbuhan tanaman serta hasil berat basah bayam merah.
3. Tidak terdapat interaksi antara biochar dan pupuk NPK dalam mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, panjang akar, laju pertumbuhan tanaman serta hasil berat basah bayam merah.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui dosis pupuk NPK terbaik dalam upaya meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada budidaya bayam merah secara vertikultur.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menurunkan dosis pupuk NPK pada aplikasinya dengan biochar dalam upaya efisiensi penggunaan pupuk kimia pada budidaya bayam merah secara vertikultur.

DAFTAR PUSTAKA

- Agviolita, P., Yushardi, F. K. A. Anggraeni. 2021. Pengaruh Perbedaan Biochar terhadap Kemampuan Menjaga Retensi pada Tanah. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 10(2): 267-273.
- Aisyah, I. 2019. *Multimanfaat Arang dan Asap Cair dari Limbah Biomassa*. Yogyakarta: CV BUDI UTAMA.
- Alphiani, Y. S., Zulkifli, Sulhaswardi. 2018. Pengaruh Pupuk Kascing dan NPK Mutiara 16:16:16 Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.). *Dinamika Pertanian*, XXXIV(3): 275-286.
- Alves, B. S. Q., K. P. S. Zelaya, F. Colen, L. A. Frazao, A. Napoli, S. J. Parikh, and L. A. Fernandes. 2021. Effect Of Sewage Sludge And Sugarcane Bagasse Biochar On Soil Properties And Sugar Beet Production. *Pedosphere*, 31(4): 572-582.
- Ariati, P. E. P. 2017. Produksi Beberapa Tanaman Sayuran Dengan Sistem Vertikultur di Lahan Pekarangan. *AGRIMETA*, 7(13): 76-86.
- Ariffin., S. Fajriani, A. Novitasari. 2020. *Strategi Manipulasi Agroekosistem*. Malang: UB Press.
- Balitsa. 2008. *Petunjuk Teknis Budidaya Bayam Merah*. Bandung: Balitsa.
- Benke, K., and B. Tomkins. 2017. Future Food-Production Systems: Vertical Farming and Controlled-Environment Agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 13(1): 13-26.
- BPS. 2020. *Persentase Penduduk Daerah Perkotaan menurut Provinsi, 2010-2035*. Badan Pusat Statistik RI.
- BPS. 2020. *Statistik Tebu Indonesia 2020*. Jakarta: BPS.
- Gaspersz, V. 1995. *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan*. Bandung: Tarsito.
- Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Haque, A. N. A., M. K. Uddin, M. F. Sulaiman, A. M. Amin, M. Hossain, S. Zaibon, M. Mosharrof. 2021. Assessing the Increase in Soil Moisture Storage Capacity and Nutrient Enhancement of Different Organic Amendments in Paddy Soil. *Agriculture 2021*, 11(44): 1-15.

- Harianto, B. 2017. *Petik Sayuran di Lahan Sempit*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Inyang, M., B. Gao, P. Pullammanappallil, W. Ding, & A. R. Zimmerman. 2010. Biochar From Anaerobically Digested Sugarcane Bagasse. *Bioresource Technology*, 101(22): 8868-8872.
- Ilyasa, M., S. Hutapea, A. Rahman. 2018. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Terhadap Pemberian Kompos dan Biochar dari Limbah Ampas Tebu. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 3(1): 39-49.
- Iswahyudi., I. Saputra, Irwandi. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK dan Biochar terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). *AGROSAMUDRA*, 5(1): 14-23.
- Juliastuti, H., E. R. Yuslianti, I. I. Rakhmat, D. R. Handayani, A. M. Prayoga, F. N. Ferdianti, H. S. Prastia, R. J. Dara, S. Syarifah, E. N. Rizkani. *Sayuran dan Buah Berwarna Merah, Antioksidan Penangkal Radikal Bebas*. Yogyakarta: CV BUDI UTAMA.
- Kalantari, F., O. M. Tahir, A. M. Lahijani, S. Kalantari. 2017. A Review of Vertical Farming Technology: A Guide for Implementation of Building Integrated Agriculture in Cities. *Advanced Engineering Forum* Submitte, 24(1): 76-91.
- Kementrian Pertanian Direktorat Jendral Holtikultura 2017. Produksi Bayam Merah di Indonesia. Produksi Holtikultura. <http://holtikultura2.pertanian.go.id/produksi/sayuran.php> [Diakses pada: tanggal 15 Januari 2020].
- Koryati, T., D. W. Purba, D. R. Surjaningsih, J. Herawati, D. Sagala, S. R. Purba, M. Khairani, K. Amartani, E. Sutrisno, N. H. Panggabean, I. Erdiandini, R. F. Aldya. 2021. *Fisiologi Tumbuhan*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Koto, M. Y., Y. Jufri, Muyassir. 2021. Pemanfaatan Kompos Ampas Tebu dan Biochar Terhadap Perbaikan Sifat Kimia Tanah Sawah, Pertumbuhan dan Produksi Padi Varietas Sanbei. *Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(2): 89-96.
- Lehmann, J., M. C. Rillig, J. Thies, C. A. Masiello, W. C. Hockaday, and D. Crowley. 2011. Biochar effects on soil biota-A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9): 1812-1836.
- Liferdi, L., dan C. Saparinto. 2016. *Vertikultur Tanaman Sayur*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Lilianto, G. H., Dewi, N. K., dan Martuti N. K. T. 2018. Kandungan Timbal, Debu di Udara dan Daun Tanaman Peneduh di Kota Semarang. *Life Science Biology*, 7(2): 47-55.
- Lingga, L. 2010. *Cerdas Memilih Sayuran*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Luo, S., B. He, D. Song, T. Li, Y. Wu, and L. Yang. 2020. Response of Bacterial Community Structure to Different Biochar Addition Dosages in Karst Yellow Soil Planted with Ryegrass and Daylily. *Sustainability* 2020, 2(2124): 1-17.
- Mansyur, N. I., E. H. Pudjiwati, A. Murtilaksono. 2021. *Pupuk dan Pemupukan*. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Masganti., S. Simatupang, M. Alwi, E. Maftu'ah, M. Noor, Mukhlis, H. Sosiawan, M. A. Susanti. 2018. *Inovasi Teknologi Lahan Rawa: Mendukung Kedaulatan Pangan*. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada.
- Mateus, R., D. Kantur, dan L. M. Moy. 2017 Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian sebagai Pembenh Tanah untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Jagung di Lahan Kering. *AGROTROP*, 7(2): 99-108.
- Mete, F. Z., S. Mia, F. A. Dijkstra, A. Yusuf, I. Hossain. 2015. Synergistic Effects of Biochar and NPK Fertilizer on Soybean Yield in an Alkaline Soil. *Pedosphere*, 25(5): 713-719.
- Milne, E., D. S. Polwson, and C. E. Cerri. 2007. Soil carbon stocks at regional scales (preface). *J.Agriculture, Ecosystem and Environmental*, 122: 1-2.
- Muhammad, W., Surachman, D. Zulfita. 2020. Pengaruh Biochar Sekam Padi dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis di Lahan Gambut. *Sains Mahasiswa Pertanian*, 9(2): 1-10.
- Mustamu, N. E. 2020. *Sludge Biogas Sebagai Alternatif Pengganti Pupuk Kimia*. Malang: CV. Literasi Nusantara.
- Nadya, F., C. Ginting, R. M. Hartati. 2022. Pengaruh Sudut Datang Sinar dan Kerapatan Tanaman Terhadap Hasil Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Pada Sistem Tanaman Vertikultur. *Agroista: Jurnal Agroteknologi*, 6(1): 11-16.
- Nie, C., X. Yang, N. K. Niazi, X. Xu, Y. Wen, J. Rinklebe, Y. S. Ok, S. Xu, H. Wang. 2018. Impact Of Sugarcane Bagasse-Derived Biochar On Heavy Metal Availability And Microbial Activity: A Field Study. *Chemosphere*, 200: 274-282.

- Nurida, N. L., A. Rachman, S. Sutono. 2015. *Biochar Pembenh Tanah Yang Potensial*. Jakarta: IAARD Press.
- Nwajiaku, I. M., J. S. Olanrewaju, K. Sato, T. Tokunari, S. Kitano, T. Masunaga. 2018. Change In Nutrient Composition Of Biochar From Rice Husk and Sugarcane Bagasse at Varying Pyrolytic Temperatures. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2018(7): 269-276.
- Panataria, R. L., P. Sihombing, B. Sianturi. 2020. Pengaruh Pemberian Biochar dan POC Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) Pada Tanah Ultisol. *Ilmiah Rhizobia*, 2(1): 1-14.
- Petro Kimia Gresik. 2012. *Pupuk NPK Phonska*. Gresik: PT. Petrokimia Gresik.
- Prayugo, S. 2007. *Media Tanam untuk Tanaman Hias*. Depok: Niaga Swadaya.
- Purba, T., H. Ningsih, Purwaningsih, A. S. Junaedi, B. Gunawan, Junairiah, R. Firgiyanto, Arsi. 2021. *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Rahma, N., Mariyamah, S. P. Sari, R. Ahsanunnisa, A. Oktasari. 2020. *Limbah Ampas Tebu Bernilai Jual*. Palembang: CV. Insan Cendekia Palembang.
- Rina, D. 2015. Manfaat Unsur N, P, dan K Bagi Tanaman. <http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/> [Diakses pada 24 Juni 2021].
- Rizki, F. 2013. *The Miracle of Vegetables*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.
- Sa'adah, N., T. Islami. 2019. Pengaruh Pemberian Macam Biochar dan Pupuk N terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) *Produksi Tanaman*, 7(11): 2077-2083.
- Sanusi, B. 2011. *Sukses Bertanam Sayuran di Lahan Sempit*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka.
- Sharma, A., V. Abrol, V. Sharma, S. Chaddha, Ch. S. Rao, A.Q. Ganie, D. I. Hefft, M. A. El-Sheikh, S. Mansoor. 2020. Effectiveness of Biochar and Compost on Improving Soil Hydro-Physical Properties, Crop Yield and Monetary Returns in Inceptisol Subtropics. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(2021): 7539-7549.
- Soedradjad, R., and Usmadi. 2018. Effect of Biochar Application on Maize Growth Rate in Dry Land with Two Irrigation Systems. ICALS 2021.

- Suparnawati., Harlia, Warsidah, A. B. Aritonang. 2021. Produksi dan Karakterisasi Biochar Ampas Tebu (*Saccharum officinarum* Linn). *Indonesian Journal Of Pure and Applied Chemistry*, 4(2): 91-101.
- Susilo, D. E. H. 2015. Identifikasi Nilai Konstanta Bentuk Daun Untuk Pengukuran Luas Daun Metode Panjang Kali Lebar Pada Tanaman Hortikultura Pada Tanah Gambut. *Anterior*, 14(2): 139-146.
- Sutedjo, M. L. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Syarief, E., S. Duryatmo, S. Angkasa, R. N. Apriyanti, A. A. Raharjo, K. Rizkika, D. S. Rahimah, A. Titisari, B. Setyawan, R. Vebriansyah, R. Fadhilah, H. Nugroho, dan M. Awaluddin. 2014. *Hidroponik Praktis*. Jakarta: PT Trubus Swadaya.
- Tewari, M., V. K. Singh, P. C. Gope, A. K. Chaudhary. 2012. Evaluation of Mechanical Properties of Bagasse-Glass Fiber Reinforced Composite. *J. Mater. Environ. Sci*, 3(1): 187-194.
- Thies, J. E., and M. C. Rillig. 2012. Characteristics of Biochar: Biological Properties. *Biochar for environmental management*, 117-138.
- Thompson, T. 2014. *Urban Farming*. Farmington Hills: Greenhaven Press.
- Turang, A. C., dan J. Wowwiling. 2015. Kegunaan Unsur-Unsur Hara Bagi Tanaman. <https://sulut.litbang.pertanian.go.id> [Diakses pada 24 Juni 2021].
- Urifa., dan C. Bowo. 2020. Pengaruh Biochar Limbah Batang Jagung Terhadap Sifat Fisik Tanah Aluvial dan Produktivitas Bawang Merah. *AGRISIA*, 13(1): 40-47.
- Utaya, S. 2008. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Sifat Biofisik Tanah Dan Kapasitas Infiltrasi di Kota Malang. *Forum Geografi*, 22(2): 99-112.
- Verdiana, M. A., H. T. Sebayang, dan T. Sumarni. 2016. Pengaruh Dosis Biochar Sekam Padi dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Produksi Tanaman*, 4(8): 611-616.
- Verheijen, F., S. Jeffery, A. C. Bastos, M. Van der Veide, I. Diafas. 2010. Biochar Application to Soils: *A Critical Scientific Review Of Effects On Soil Properties, Processes, And Functions*, 162(1): 1-166.
- Warsidah., Harlia, Suparnawati, A. B. Aritonang, P. Ardiningsih, A. M. Ashari, M. S.J. Sofiana. 2021. Karakterisasi Biochar dari Ampas Tebu dan

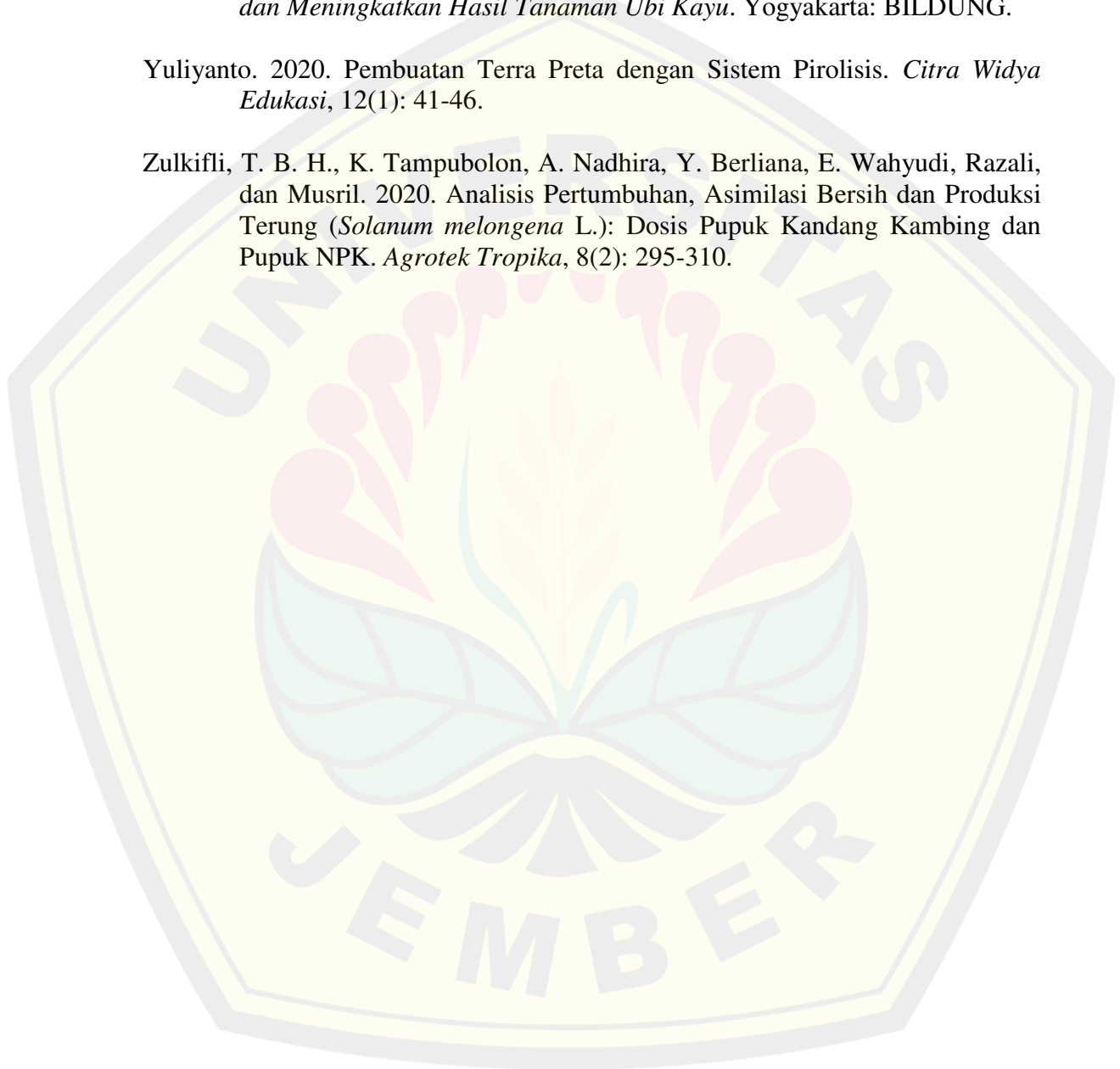
Kemampuan Penyerapan Nitrogen Sebagai Amelioran Pada Tanah Gambut Secara In Vitro. *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*, 23(1): 73-84.

Widyawati, N. 2018. *Vertikultur (Seri Urban Farming) Seni Dan Inovasi Berkebun Vertikal*. Yogyakarta: Andi Publisher.

Yuniwati, E. D. 2020. *Teknologi Biochar: Konservasi Lahan yang Terdegradasi dan Meningkatkan Hasil Tanaman Ubi Kayu*. Yogyakarta: BILDUNG.

Yuliyanto. 2020. Pembuatan Terra Preta dengan Sistem Pirolisis. *Citra Widya Edukasi*, 12(1): 41-46.

Zulkifli, T. B. H., K. Tampubolon, A. Nadhira, Y. Berliana, E. Wahyudi, Razali, dan Musril. 2020. Analisis Pertumbuhan, Asimilasi Bersih dan Produksi Terung (*Solanum melongena* L.): Dosis Pupuk Kandang Kambing dan Pupuk NPK. *Agrotek Tropika*, 8(2): 295-310.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Tanaman Bayam Merah Varietas Mira

Nama Latin: *Amaranthus tricolor* L.

Varietas : Mira

Tipe Daun : Merah

Rekomendasi Dataran : Rendah-Menengah-Tinggi

Umur Panen (HST) : 25-30 HST/20-40 HSS

Potensi Hasil (ton/ha) : 12-15

Daya Tumbuh Minimum : 70%

Kemurnian : 98%

Kadar Air Maksimal : 11%

Keunggulan : - Pertumbuhan cepat dan seragam

- Tahan penyakit Powdery Mildew / blorok pada daun.

- Tanaman vigor, batang kokoh, tegak dan kuat.

Sumber: PT. East West Seed Indonesia

Lampiran 2. Perhitungan Kebutuhan Biochar

Diketahui :

Kedalaman akar (h) = 20 cm = 0,2 m

Luas tanah (A) = 10^4 m^2 BV = $1,1 \text{ g/cm}^3 = 1.100 \text{ kg.m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Volume tanah (V)} &= A \cdot h \cdot \text{m}^3 \\ &= 10^4 \cdot (2 \cdot 10^{-1}) \text{ m}^3 \\ &= 2 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa tanah} &= V \cdot \text{BV} \\ &= 2 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \cdot (1,1) \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3} \\ &= 2,2 \cdot 10^6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biochar } 40 \text{ ton/ha} &= 40 \cdot 10^3 \text{ kg} / 2,2 \cdot 10^6 \text{ kg} \\ &= 18,2 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tanah } 10 \text{ kg} &= 18,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ kg} \\ &= 0,182 \text{ kg} = \mathbf{182 \text{ gram Biochar}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biochar } 50 \text{ ton/ha} &= 50 \cdot 10^3 \text{ kg} / 2,2 \cdot 10^6 \text{ kg} \\ &= 22,8 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tanah } 10 \text{ kg} &= 22,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ kg} \\ &= 0,228 \text{ kg} = \mathbf{228 \text{ gram Biochar}} \end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Kebutuhan Pupuk**Rekomendasi Pemupukan Balitsa**

N : 120 kg/ha

P₂O₅ : 90 kg/haK₂O : 50 kg/ha**Konversi pupuk NPK Phonska 15-15-15**

$$90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 = \frac{90}{15} \times 100 = 600 \text{ kg NPK}$$

$$600 \text{ kg NPK} \sim \text{N} = \frac{15}{100} \times 600 = 90 \text{ kg}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \frac{15}{100} \times 600 = 90 \text{ kg}$$

$$\text{K}_2\text{O} = \frac{15}{100} \times 600 = 90 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Populasi tanaman} &= \text{Luas lahan} / \text{Jarak tanam} \\ &= 1 \text{ Ha} / 20 \times 10 \text{ cm} \\ &= 100.000.000 \text{ cm}^2 / 200 \text{ cm}^2 \\ &= 200.000 \text{ tanaman} \end{aligned}$$

Jarak tanam : 20 cm x 10 cm

Populasi tanaman : 200.000

Perlakuan Dosis Pupuk per Tanaman

$$\begin{aligned} \text{Pupuk B1} &= 400 \text{ kg/ha} \\ &= 400.000 \text{ gr} / 200.000 \\ &= \mathbf{2 \text{ gram/tanaman}} \times 12 \text{ tanaman} = 24 \text{ gram/instalasi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pupuk B2} &= 500 \text{ kg/ha} \\ &= 500.000 \text{ gr} / 200.000 \\ &= \mathbf{2,5 \text{ gram/tanaman}} \times 12 \text{ tanaman} = 30 \text{ gram/instalasi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pupuk B3} &= 600 \text{ kg/ha} \\ &= 600.000 \text{ g} / 200.000 \\ &= \mathbf{3 \text{ gram/ tanaman}} \times 12 \text{ tanaman} = 36 \text{ gram/instalasi} \end{aligned}$$

Lampiran 4. Hasil Analisis Data Parameter Pengamatan

1. Data Tinggi Tanaman (cm) (25 HST)

a. Data Tinggi Tanaman

DOSIS BIOCHAR (A)	DOSIS PUPUK NPK (B)	ULANGAN			TOTAL PERLAKUAN	RATA- RATA
		1	2	3		
A1	B1	37,2	40,0	32,7	109,9	36,63
	B2	43,7	35,0	37,8	116,5	38,83
	B3	40,7	40,0	39,3	120,0	40,00
A2	B1	43,8	44,8	46,5	135,1	45,03
	B2	43,0	45,9	42,0	130,9	43,63
	B3	47,0	46,0	40,7	133,7	44,57
A3	B1	45,0	43,7	46,3	135,0	45,00
	B2	43,3	48,3	45,3	136,9	45,63
	B3	49,7	46,9	45,9	142,5	47,50
TOTAL		393,4	390,6	376,5	1160,5	42,98

b. Tabel Dua Arah Total

PERLAKUAN	B1	B2	B3	TOTAL	RATA- RATA
A1	109,9	116,5	120,0	346,4	38,49
A2	135,1	130,9	133,7	399,7	44,41
A3	135,0	136,9	142,5	414,4	46,04
TOTAL	380,0	384,3	396,2	1160,5	
RATA-RATA	42,22	42,70	44,02		

c. Tabel Anova

SK	Db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel		Notasi
					5%	1%	
Kelompok	2	18,23	9,12	1,35	3,63	6,23	ns
Perlakuan	8	315,20	39,40	5,84	2,59	3,89	**
(A)	2	284,48	142,24	21,07	3,63	6,23	**
(B)	2	15,65	7,82	1,16	3,63	6,23	ns
A X B	4	15,07	3,77	0,56	3,01	4,77	ns
Error	16	107,99	6,75				
Total	26	441,42					

FK 49880,01

d. UJD Pengaruh Utama Taraf Dosis Biochar Terhadap Tinggi Tanaman

CV 6,04

Nilai UJD 5%

P	2	3
Sd	1,5	1,5
SSR	3,00	3,15
UJD	4,50	4,73

No	Perlakuan	Rata-rata	A3 46,04	A2 44,41	A1 38,49	Notasi
1	A3	46,04	0			a
2	A2	44,41	1,63	0		a
3	A1	38,49	7,55	5,92	0	b

2. Data Jumlah Daun Tanaman (helai) (25 HST)

a. Data Jumlah Daun Tanaman

DOSIS BIOCHAR (A)	DOSIS PUPUK NPK (B)	ULANGAN			TOTAL PERLAKUAN	RATA- RATA
		1	2	3		
A1	B1	10	10	10	30	10,00
	B2	10	11	10	31	10,33
	B3	10	10	11	31	10,33
A2	B1	11	10	10	31	10,33
	B2	10	11	10	31	10,33
	B3	10	11	11	32	10,67
A3	B1	12	10	11	33	11,00
	B2	11	11	10	32	10,67
	B3	11	11	11	33	11,00
TOTAL		95	95	94	284	10,52

b. Tabel Dua Arah Total

PERLAKUAN	B1	B2	B3	TOTAL	RATA- RATA
A1	30	31	31	92	10,22
A2	31	31	32	94	10,44
A3	33	32	33	98	10,89
TOTAL	94	94	96	284	
RATA-RATA	10,44	10,44	10,67		

c. Tabel Anova

SK	Db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel		Notasi
					5%	1%	
Kelompok	2	0,07	0,04	0,10	3,63	6,23	ns
Perlakuan	8	2,74	0,34	0,93	2,59	3,89	ns
(A)	2	2,07	1,04	2,80	3,63	6,23	ns
(B)	2	0,30	0,15	0,40	3,63	6,23	ns
A X B	4	0,37	0,09	0,25	3,01	4,77	ns
Error	16	5,93	0,37				
Total	26	8,74					

FK 2987,26

CV 5,79

3. Data Luas Daun (Leaf Area) (cm²) (25 HST)

a. Luas Daun (Leaf Area)

DOSIS BIOCHAR (A)	DOSIS PUPUK NPK (B)	ULANGAN			TOTAL PERLAKUAN	RATA- RATA
		1	2	3		
A1	B1	511,700	523,740	577,920	1613,360	537,787
	B2	571,900	713,852	559,860	1845,612	615,204
	B3	551,833	559,860	764,841	1876,534	625,511
A2	B1	750,273	650,160	620,060	2020,493	673,498
	B2	602,000	808,546	632,100	2042,646	680,882
	B3	662,200	706,567	670,146	2038,913	679,638
A3	B1	1066,262	674,240	910,525	2651,027	883,676
	B2	813,402	742,988	650,160	2206,550	735,517
	B3	823,115	801,262	837,683	2462,060	820,687
TOTAL		6352,685	6181,215	6223,295	18757,195	694,711

b. Tabel Dua Arah Total

PERLAKUAN	B1	B2	B3	TOTAL	RATA- RATA
A1	1613,360	1845,612	1876,534	5335,506	592,834
A2	2020,493	2042,646	2038,913	6102,052	678,006
A3	2651,027	2206,550	2462,060	7319,637	813,293
TOTAL	6284,880	6094,808	6377,507	18757,195	
RATA-RATA	698,320	677,201	708,612		

c. Tabel Anova

SK	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel		Notasi
					5%	1%	
Kelompok	2	1774,61	887,30	0,08	3,63	6,23	ns
Perlakuan	8	269538,82	33692,35	3,14	2,59	3,89	*
(A)	2	222477,10	111238,55	10,36	3,63	6,23	**
(B)	2	4615,77	2307,89	0,21	3,63	6,23	ns
A X B	4	42445,94	10611,48	0,99	3,01	4,77	ns
Error	16	171850,81	10740,68				
Total	26	443164,23					

FK 13030828,31

d. UJD Pengaruh Utama Taraf Dosis Biochar Terhadap Luas Daun Tanaman
CV 14,92

Nilai UJD 5%

P	2	3
Sd	59,8	59,8
SSR	3,00	3,15
UJD	179,400	188,370

No	Perlakuan	Rata-rata	A3 813,293	A2 678,006	A1 592,834	Notasi
1	A3	813,293	0			a
2	A2	678,006	135,287	0		a
3	A1	592,834	220,459	85,172	0	b

4. Data Berat Basah (gr) (25 HST)

a. Berat Basah (gr)

DOSIS BIOCHAR (A)	DOSIS PUPUK NPK (B)	ULANGAN			TOTAL PERLAKUAN	RATA- RATA
		1	2	3		
A1	B1	19,1	17,2	19,2	55,5	18,50
	B2	18,1	17,1	20,5	55,7	18,57
	B3	20,9	18,5	18,1	57,5	19,17
A2	B1	20,1	22,4	23,5	66,0	22,00
	B2	19,6	20,6	20,1	60,3	20,10
	B3	19,1	20,6	16,8	56,5	18,83
A3	B1	25,3	22,6	25,3	73,2	24,40
	B2	20,5	22,5	22,6	65,6	21,87
	B3	22,5	20,5	28,0	71,0	23,67
TOTAL		185,2	182,0	194,1	561,3	20,79

b. Tabel Dua Arah Total

PERLAKUAN	B1	B2	B3	TOTAL	RATA- RATA
A1	55,5	55,7	57,5	168,7	18,74
A2	66,0	60,3	56,5	182,8	20,31
A3	73,2	65,6	71	209,8	23,31
TOTAL	194,7	181,6	185	561,3	
RATA-RATA	21,63	20,18	20,56		

c. Tabel Anova

SK	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel		Notasi
					5%	1%	
Kelompok	2	8,74	4,37	1,24	3,63	6,23	ns
Perlakuan	8	123,17	15,40	4,39	2,59	3,89	**
(A)	2	96,93	48,46	13,80	3,63	6,23	**
(B)	2	10,27	5,13	1,46	3,63	6,23	ns
A X B	4	15,98	3,99	1,14	3,01	4,77	ns
Error	16	56,18	3,51				
Total	26	188,09					

FK 11668,80

d. UJD Pengaruh Utama Taraf Dosis Biochar Terhadap Berat Basah

CV 9,01

Nilai UJD 5%

P	2	3
Sd	1,1	1,1
SSR	3,00	3,15
UJD	3,30	3,47

No	Perlakuan	Rata-rata	A3 23,31	A2 20,31	A1 18,74	Notasi
1	A3	23,31	0			a
2	A2	20,31	3,00	0		a
3	A1	18,74	4,57	1,57	0	b

5. Data Panjang Akar (cm) (25 HST)

a. Panjang Akar (cm)

DOSIS BIOCHAR (A)	DOSIS PUPUK NPK (B)	ULANGAN			TOTAL PERLAKUAN	RATA- RATA
		1	2	3		
A1	B1	15,3	15	13,0	43,3	14,43
	B2	14,3	15,5	14,0	43,8	14,60
	B3	16,5	12,3	16,0	44,8	14,93
A2	B1	11,5	17,5	18,0	47,0	15,67
	B2	19,0	16,0	18,0	53,0	17,67
	B3	15,0	19,5	20,5	55,0	18,33
A3	B1	18,5	20,6	19,0	58,1	19,37
	B2	22,5	21,5	20,3	64,3	21,43
	B3	20,0	22,0	22,5	64,5	21,50
TOTAL		152,6	159,9	161,3	473,8	17,55

b. Tabel Dua Arah Total

PERLAKUAN	B1	B2	B3	TOTAL	RATA- RATA
A1	43,3	43,8	44,8	131,9	14,66
A2	47,0	53,0	55,0	155,0	17,22
A3	58,1	64,3	64,5	186,9	20,77
TOTAL	148,4	161,1	164,3	473,8	
RATA-RATA	16,49	17,90	18,26		

c. Tabel Anova

SK	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel		Notasi
					5%	1%	
Kelompok	2	4,85	2,42	0,58	3,63	6,23	ns
Perlakuan	8	190,26	23,78	5,73	2,59	3,89	**
(A)	2	169,49	84,74	20,42	3,63	6,23	**
(B)	2	15,72	7,86	1,89	3,63	6,23	ns
A X B	4	5,05	1,26	0,30	3,01	4,77	ns
Error	16	66,40	4,15				
Total	26	261,51					

FK 8314,31

d. UJD Pengaruh Utama Taraf Dosis Biochar Terhadap Panjang Akar

CV 1,2

Nilai UJD 5%

P	2	3
Sd	1,2	1,2
SSR	3,00	3,15
UJD	3,60	3,78

No	Perlakuan	Rata-rata	A3 20,77	A2 17,22	A1 14,66	Notasi
1	A3	20,77	0			a
2	A2	17,22	3,55	0		a
3	A1	14,66	6,11	2,56	0	b

6. Data Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR) (gr/hari) (25 HST)

a. Laju Pertumbuhan Relatif Tanaman (LPR) (gr/hari)

DOSIS BIOCHAR (A)	DOSIS PUPUK NPK (B)	ULANGAN			TOTAL PERLAKUAN	RATA- RATA
		1	2	3		
A1	B1	0,91	0,78	0,92	2,62	0,87
	B2	0,31	0,63	0,61	1,55	0,52
	B3	0,91	0,71	0,99	2,61	0,87
A2	B1	1,00	1,17	0,60	2,76	0,92
	B2	0,49	1,24	1,35	3,09	1,03
	B3	0,83	1,20	0,43	2,47	0,82
A3	B1	1,28	1,12	1,22	3,63	1,21
	B2	1,03	1,08	1,10	3,22	1,07
	B3	1,14	1,16	1,29	3,59	1,20
TOTAL		7,91	9,10	8,53	25,54	0,95

b. Tabel Dua Arah Total

PERLAKUAN	B1	B2	B3	TOTAL	RATA- RATA
A1	2,62	1,55	2,61	6,77	0,75
A2	2,76	3,09	2,47	8,32	0,92
A3	3,63	3,22	3,59	10,44	1,16
TOTAL	9,01	7,86	8,67	25,54	
RATA-RATA	1,00	0,87	0,96		

c. Tabel Anova

SK	db	JK	KT	F- Hitung	F-Tabel		Notasi
					5%	1%	
Kelompok	2	0,08	0,04	0,65	3,63	6,23	ns
Perlakuan	8	1,10	0,14	2,26	2,59	3,89	ns
(A)	2	0,75	0,38	6,17	3,63	6,23	**
(B)	2	0,08	0,04	0,64	3,63	6,23	ns
A X B	4	0,27	0,07	1,12	3,01	4,77	ns
Error	16	0,97	0,06				
Total	26	2,16					

FK 24,15

d. UJD Pengaruh Utama Taraf Dosis Biochar Terhadap Laju Pertumbuhan

Relatif Tanaman (LPR) (gr/hari)

CV 26,10

Nilai UJD 5%

P	2	3
Sd	0,1	0,1
SSR	3,00	3,15
UJD	0,30	0,32

No	Perlakuan	Rata-rata	A3 1,16	A2 0,92	A1 0,75	Notasi
1	A3	1,16	0			a
2	A2	0,92	0,24	0		a
3	A1	0,75	0,41	0,17	0	b

Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Penyiapan instalasi vertikultur



Penyemaian benih



Penyiapan media tanam



Perawatan bibit



Penyiraman



Penimbangan Pupuk NPK



Pengovenan berat kering tanaman



Pemberian Pupuk



Pertumbuhan tanaman minggu ke-1



Pertumbuhan tanaman minggu ke-2



Pertumbuhan tanaman minggu ke-3



Pemanenan