PENGARUH JENIS BIOCHAR DAN DOSIS PUPUK FOSFOR TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH MASAM DAN HASIL TANAMAN JAGUNG MANIS (*Zea mays* L. *saccharata*)

SKRIPSI

Oleh :

IRMA ISTIQOMAH

PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026

PENGARUH JENIS BIOCHAR DAN DOSIS PUPUK FOSFOR TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH MASAM DAN HASIL TANAMAN JAGUNG MANIS (*Zea mays* L. *saccharata*)

Oleh

IRMA ISTIQOMAH
NIM : 23020222120015

Salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi S-1 Agroekoteknologi
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Irma Istiqomah
NIM	: 23020222120015
Program Studi	: S-1 Agroekoteknologi

dengan ini menyatakan sebagai berikut :

1. Skripsi yang berjudul **Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Sifat Kimia Tanah Masam dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* L. *saccharata*)** dan penelitian yang terkait merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide ataupun kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari Pembimbing yaitu : **Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si.** dan **Albertus Fajar Irawan, S.P., M.Agr., Ph.D.**

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro

Semarang, September 2026

Penulis



Irma Istiqomah

Mengetahui :

Pembimbing Utama	Pembimbing Anggota
Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si.	Albertus Fajar Irawan, S.P., M.Agr., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi	:	PENGARUH JENIS BIOCHAR DAN DOSIS PUPUK FOSFOR TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH MASAM DAN HASIL TANAMAN JAGUNG MANIS (*Zea mays* L. *saccharata*)
Nama Mahasiswa	:	IRMA ISTIQOMAH
Nomor Induk Mahasiswa	:	23020222120015
Program Studi/Departemen	:	S1-AGROEKOTEKNOLOGI/PERTANIAN
Fakultas	:	PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal. 22 SEP 2026

Pembimbing Utama	Pembimbing Anggota
Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si.	Albertus Fajar Irawan, S.P., M.Agr., Ph.D.
Ketua Program Studi	Ketua Panitia Ujian Akhir Program
Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si.	Bagus Herwibawa, S.P., M.P., Ph.D.
Dekan	Ketua Departemen
Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.	Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D.

RINGKASAN

IRMA ISTIQOMAH. 23020222120015. 2026. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Sifat Kimia Tanah Masam dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* L. *saccharata*) (Pembimbing : **MUHAMMAD IQBAL FAUZAN** dan **ALBERTUS FAJAR IRAWAN**).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh jenis biochar dan dosis pupuk fosfor terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*). Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Desember 2025 – Februari 2026. Penelitian dilaksanakan di *Greenhouse* Svarnaloka Indonesia, Cepoko, Gunung Pati, Semarang, Jawa Tengah dan Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

Rancangan Percobaan yang digunakan adalah Faktorial yang disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 4 × 4. Faktor Pertama adalah penggunaan jenis biochar, yaitu B0 : Kontrol, B1 : Biochar sekam padi, B2 : Biochar batang singkong, dan B3 : Biochar tongkol jagung. Faktor Kedua adalah dosis pupuk fosfor, yaitu P0 : 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}. Pada percobaan ini terdapat 16 kombinasi perlakuan dengan 3 kali ulangan sehingga terdapat 48 unit percobaan. Parameter yang diamati yaitu pH tanah, P-tersedia tanah, KTK, serapan P brangkasan, serapan P biji, tinggi tanaman 70 HST, jumlah daun 70 HST, indeks kehijauan daun, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, bobot basah biji, bobot kering biji, jumlah tongkol, bobot basah tongkol per tanaman, panjang tongkol, diameter tongkol, dan kemanisan biji. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* dilanjutkan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian perlakuan jenis biochar dapat memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap parameter pH tanah, P-tersedia, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman. Perlakuan B3 (biochar tongkol jagung) menaikkan nilai pH tanah tertinggi, akan tetapi tidak berbeda nyata dari biochar sekam padi. Ketiga jenis biochar meningkatkan P-tersedia dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan dosis pupuk fosfor berpengaruh terhadap parameter pH tanah, P-tersedia, serapan P brangkasan, serapan P biji, tinggi tanaman, jumlah daun, indeks kehijauan daun, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, bobot basah biji, bobot kering biji, dan bobot basah tongkol. Perlakuan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan nilai tertinggi pada beberapa komponen hasil, sedangkan serapan P brangkasan tertinggi terdapat pada P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}) dan serapan P biji pada P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}). Interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter yang diamati.

KATA PENGANTAR

Tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan menjadi sumber pangan bagi masyarakat. Dalam upaya mendukung pertumbuhan dan hasil yang maksimal, biochar dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki atau meningkatkan produktivitas lahan atau tanah. Selain penambahan pembenah tanah, pemupukan fosfor merupakan salah satu cara untuk menyediakan unsur hara dan meningkatkan kesuburan pada tanah terutama pada tanah masam.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi yang berjudul "Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Sifat Kimia Tanah Masam dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* L. *saccharata*)"**.** Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing utama dan Albertus Fajar Irawan, S.P., M.Agr., Ph.D. selaku dosen pembimbing anggota yang telah membimbing, membantu, dan memberikan arahan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian beserta jajarannya, Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D. selaku Ketua Departemen Pertanian, Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si. selaku

Ketua Program Studi Agroekoteknologi beserta jajarannya di Fakultas Peternakan dan Pertanian atas kesempatan untuk menempuh pendidikan sarjana di Program Studi S-1 Agroekoteknologi.

3. Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si. selaku dosen wali yang telah memberikan arahan, bimbingan akademik, serta evaluasi perkembangan selama masa di Program Studi S-1 Agroekoteknologi.
4. Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si., Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M.Sc., Dr. Ir. Susilo Budiyanto, M.Si., Prof. Ir. Didik Wisnu Widjajanto, M.ScRes., Ph.D., Ir. Karno, M.Appl.Sc. Ph.D., Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si., Bagus Herwibawa, S.P., M.P., Rosyida, S.P., M.Sc., A'isyah Surya Bintang, S.P., M.Sc., Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc., Muhamad Ghazi Agam Sas, S.P., M.Si., Muhammad Iqbal Fauzan, S.P., M.Si., Septrial Arafat, S.P., M.P., Dr. Dian Safitri, S.P., M.Si., Albertus Fajar Irawan, S.P., M.Agr., Ph.D., Anasrullah, S.P., M.S., Nani Kitti Sihaloho, M.P., dan Chaieydha Noer Afiefah, S.P., M.Sc. selaku dosen pada Program Studi S-1 Agroekoteknologi Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu dan membimbing penulis.
5. Sri Bima Arya Teja, A.Md. selaku Tenaga Kependidikan, Ahmad Baroha, S.Pt., selaku Pranata Laboratorium, dan Iskandar, A.Md. selaku Teknisi Laboratorium Program Studi S-1 Agroekoteknologi, serta seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan kampus atas segala bantuan dan saran selama masa studi.

6. Orang tua penulis yaitu Ayah dan Ibu yang menjadi pilar utama dan sumber keberkahan dalam hidup penulis. Terima kasih yang tak terhingga atas setiap derap doa yang selalu melangit, ketulusan niat, serta ridho yang senantiasa mengiringi setiap langkah perjalanan akademik penulis. Seluruh pengorbanan, restu, dan kasih sayang yang tak pernah terputus sejak hari pertama perkuliahan hingga selesainya tugas akhir adalah alasan utama penulis mampu berdiri t dan menyelesaikan studi ini dengan baik.
7. Saudara kandung penulis yaitu kakak dan adik, terima kasih atas segala kebaikan, bantuan kecil maupun besar, serta pengertian luar biasa yang telah diberikan selama proses panjang penyelesaian studi ini. Kehadiran dan dukungan kalian membuat langkah penulis terasa jauh lebih ringan.
8. Teman-teman di Kelas A Agroekoteknologi angkatan 2022 yang telah membersamai, memberikan dukungan, dan menjadi keluarga baru.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung menyelesaikan tugas akhir sebagai syarat memperoleh gelar sarjana.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga kritik dan saran yang sifatnya konstruktif sangat diharapkan oleh penulis guna meningkatkan kualitas di kemudian hari. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk siapa pun yang membacanya.

Semarang, Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR ix

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR ILUSTRASI xiv

DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I. PENDAHULUAN 1

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. Tanaman Jagung Manis 5
2.2. Tanah Masam 6
2.3. Biochar 7
2.4. Pupuk Fosfor 9

BAB III. MATERI DAN METODE 11

3.1. Materi Penelitian 11
3.2. Metode Penelitian 12
3.3. Analisis Data 26

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 29

4.1. Hasil Analisis Tanah Awal 29
4.2. Hasil Analisis Jenis Biochar 30
4.3. Kondisi Lingkungan 31
4.4. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam 33
4.5. pH Tanah 34
4.6. P-Tersedia 36
4.7. KTK 38

4.8. Tinggi Tanaman 70 HST 40
4.9. Jumlah Daun 70 HST 42
4.10. Kehijauan Daun 70 HST 44
4.11. Jumlah Tongkol 46
4.12. Bobot Basah Tongkol per Tanaman 48
4.13. Panjang Tongkol 50
4.14. Diameter Tongkol 52
4.15. Bobot Segar Tanaman 54
4.16. Bobot Kering Tanaman 56
4.17. Bobot Basah Biji 58
4.18. Bobot Kering Biji 60
4.19. Kemanisan Biji 62
4.20. Serapan P Brangkasan 64
4.21. Serapan P Biji 65

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN 68

5.1. Simpulan 68
5.2. Saran 68

DAFTAR PUSTAKA 69

LAMPIRAN 74

RIWAYAT HIDUP 157

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Hasil Analisis Tanah Awal	29
2.	Hasil Analisis Jenis Biochar	31
3.	Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Sifat Kimia, Pertumbuhan, dan Hasil Tanaman Jagung Manis pada Perlakuan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor	33
4.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap pH Tanah	34
5.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap P-Tersedia	36
6.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap KTK	38
7.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Tinggi Tanaman 70 HST	40
8.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Jumlah Daun 70 HST	42
9.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Indeks Kehijauan Daun 70 HST	44
10.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Jumlah Tongkol	46
11.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Basah Tongkol per Tanaman	48
12.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Panjang Tongkol	50
13.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Diameter Tongkol	52
14.	Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Segar Tanaman	54

15. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Kering Tanaman 56

16. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Basah Biji 58

17. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Kering Biji 60

18. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Kemanisan Biji 62

19. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Serapan P Brangkasan 63

20. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Serapan P Biji 65

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor Halaman

1. Diagram alir prosedur analisis pH tanah 17
2. Diagram alir prosedur analisis P-tersedia 18
3. Diagram alir prosedur analisis KTK 18
4. Diagram alir prosedur analisis serapan P 19
5. Grafik rata-rata suhu dan kelembaban *greenhouse* 32

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	*Layout* Percobaan	74
2.	Deskripsi Tanaman Jagung Manis Varietas NB Super F1	75
3.	Perhitungan Kebutuhan Jenis Biochar	77
4.	Perhitungan Kebutuhan Pupuk Fosfor	78
5.	Lampiran Suhu dan Kelembaban	80
6.	Analisis Ragam pH Tanah	82
7.	Analisis Ragam P-Tersedia	86
8.	Analisis Ragam KTK	90
9.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman 70 HST	93
10.	Analisis Ragam Jumlah Daun 70 HST	97
11.	Analisis Ragam Indeks Kehijauan Daun 70 HST	101
12.	Analisis Ragam Jumlah Tongkol	105
13.	Analisis Ragam Bobot Basah Tongkol per Tanaman	108
14.	Analisis Ragam Panjang Tongkol	112
15.	Analisis Ragam Diameter Tongkol	115
16.	Analisis Ragam Bobot Segar Tanaman	118
17.	Analisis Ragam Bobot Kering Tanaman	122
18.	Analisis Ragam Bobot Basah Biji	126
19.	Analisis Ragam Bobot Kering Biji	130
20.	Analisis Ragam Kemanisan Biji	134

21. Analisis Ragam Serapan P Brangkasan 137

22. Analisis Ragam Serapan P Biji 141

23. Dokumentasi Penelitian 145

24. Dokumentasi Tanaman Jagung dengan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor 151

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan menjadi sumber pangan bagi masyarakat. Kebutuhan jagung manis diperkirakan akan meningkat seiring dengan dinamika pola konsumsi masyarakat di Indonesia (Salawati dan Ende, 2026). Permintaan jagung manis di pasaran terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan tren konsumsi pangan sehat berbasis nabati. Jagung manis sering digunakan sebagai bahan baku berbagai makanan dan produk olahannya. Tanaman jagung manis memiliki banyak kegunaan dan hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, sehingga jagung memegang peranan penting dalam perkembangan industri di Indonesia (Caroline *et al*., 2024).

Pemanfaatan tanah masam untuk budidaya tanaman jagung menghadapi kendala kesuburan, terutama pH rendah, kejenuhan Al yang tinggi, dan rendahnya ketersediaan beberapa unsur hara. Tanah masam umumnya memiliki pH < 5,5 akibat proses seperti pelapukan lanjut dan pencucian kation basa pada wilayah bercurah hujan tinggi, serta kondisi ini sering disertai rendahnya ketersediaan beberapa unsur hara dan meningkatnya aktivitas Al dan Fe, sehingga dapat membatasi pertumbuhan tanaman (Kaya, 2018). Salah satu upaya perbaikan tanah yang dapat diterapkan adalah pemberian biochar sebagai pembenah tanah berbasis

karbon hasil pirolisis biomassa. Biochar merupakan arang hayati hasil pirolisis bahan biomassa yang berfungsi memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Biochar dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, menurunkan keasaman tanah, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah masam (Artsam *et al*., 2022). Selain penambahan pembenah tanah, pemupukan terutama fosfor, merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kesuburan pada tanah masam.

Salah satu upaya yang diharapkan dapat memperbaiki atau meningkatkan produktivitas lahan atau tanah adalah dengan pemberian bahan organik berupa biochar. Hal ini disebabkan karena bahan organik memiliki kemampuan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Peningkatan kandungan bahan organik dan cara konservasi bahan organik dapat dikatakan sebagai kunci keberhasilan usaha tani tanaman pangan (Salawati dan Ende, 2026). Pupuk fosfor adalah salah satu jenis pupuk yang biasanya digunakan untuk mengatasi masalah kekahatan unsur P pada tanah masam. Pupuk fosfor seperti SP-36 relatif mudah larut sehingga melepaskan ion fosfat ke dalam larutan tanah. Pada tanah masam, sebagian fosfat yang dilepaskan dapat teradsorpsi pada permukaan oksida Al dan Fe atau mengalami presipitasi, sehingga fraksi P yang tetap tersedia bagi tanaman dapat menurun (Wahyudin *et al*., 2017).

Berdasarkan penelitian Janu dan Mutiara (2021) menunjukkan bahwa aplikasi biochar sekam padi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap hasil tanaman jagung, dengan hasil tertinggi pada perlakuan dosis 4 ton/ha. Berdasarkan penelitian Melati *et al*. (2020) menunjukkan bahwa pemberian biochar dan pupuk SP-36 menyebabkan penyerapan pupuk SP-36 oleh tanaman jagung manis lebih

baik dibanding tanpa pemberian biochar. Berdasarkan penelitian Putriani *et al*. (2022) menunjukkan bahwa pemberian biochar dan pupuk fosfor mampu meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah. Berdasarkan penelitian Saragih *et al*. (2022) menunjukkan bahwa pemberian perlakuan jenis biochar dan pupuk NPK dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh jenis biochar, dosis pupuk fosfor, dan interaksi keduanya terhadap parameter sifat kimia tanah masam, pertumbuhan, dan hasil pada tanaman jagung manis.

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1) Untuk mengkaji pengaruh jenis biochar terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*).
2) Untuk mengkaji pengaruh dosis pupuk fosfor terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*).
3) Untuk mengkaji pengaruh interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*).

Manfaat penelitian ini adalah :

1) Memberikan informasi mengenai pengaruh jenis biochar terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*).
2) Memberikan informasi mengenai pengaruh dosis pupuk fosfor terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*).
3) Memberikan informasi mengenai pengaruh interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*).

1.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah :

1) Jenis biochar diduga memberikan pengaruh terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*).
2) Dosis pupuk fosfor diduga memberikan pengaruh terhadap sifat kimia tanah masam dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*).
3) Diduga terdapat interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor terhadap parameter yang diamati.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Jagung Manis

Tanaman jagung manis merupakan salah satu tanaman serealia yang mengandung karbohidrat sebagai sumber bahan pangan bagi manusia. Jagung merupakan salah satu tanaman serealia dan bahan pangan penting yang terdapat di Indonesia karena mengandung sumber karbohidrat yang tinggi (Iswantoro dan Handayani, 2022). Tanaman jagung diketahui berasal dari Meksiko dan Amerika Latin. Catatan sejarah jagung berasal dari benua Amerika, tepatnya di Meksiko Selatan dan Amerika Latin (Rosnina *et al*., 2021). Klasifikasi tanaman jagung menurut Sinaga (2018) yaitu sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Ordo : Poales

Famili : Poaceae

Genus : Zea

Spesies : *Zea mays* L. *saccharata*

Jagung termasuk berakar serabut yang terdiri dari tiga tipe akar yaitu akar seminal, adventif, dan udara. Akar seminal tumbuh dari radikula dan embrio, akar adventif disebut juga akar tunjang dan akar udara keluar dari dua atau lebih buku terbawah dekat permukaan tanah (Situmeang, 2020). Batang jagung memiliki tiga

jaringan utama, yaitu kulit (epidermis), jaringan pembuluh (bundles vaskuler), dan pusat batang (pith). Batang jagung beruas-ruas (berbuku-buku) dengan jumlah ruas bervariasi antara 10 – 40 ruas (Wati *et al*., 2024).

Tanaman jagung secara umum ditanam di lahan kering. Tanaman jagung umumnya ditanam pada lahan kering (tegalan) secara tumpangsari maupun monokultur (Rohmaniya *et al*., 2023). Tanaman jagung secara keseluruhan dapat tumbuh optimum pada intensitas curah hujan 85 - 200 mm/bulan. Tanaman jagung dapat tumbuh pada ketinggian 1.000 – 1.800 mdpl dengan ketinggian optimum antara 50 – 600 mdpl, lalu curah hujan ideal yang dibutuhkan tanaman jagung sekitar 85 – 200 mm/bulan serta suhu optimum antara 23 – 30ºC dengan pH tanah antara 5,6 – 7,5 yang daerah kemiringan tanahnya kurang dari 8% (Anggraini, 2019).

2.2. Tanah Masam

Tanah masam merupakan jenis tanah yang banyak dijumpai di wilayah beriklim tropika basah termasuk di Indonesia. Tanah ini umumnya terbentuk akibat proses pelapukan lanjut dengan curah hujan tinggi yang menyebabkan pencucian basa-basa (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, dan Na^{+}) secara intensif yang menyebabkan tanah memiliki pH rendah (< 5,5). Di Indonesia, tanah masam banyak tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan sebagian Jawa serta Papua, sehingga memiliki potensi besar untuk pengembangan pertanian jika dikelola dengan tepat (Alwi *et al*., 2023). Tanah masam sering digolongkan sebagai tanah marginal karena produktivitasnya rendah dan memerlukan upaya perbaikan sifat fisik

maupun kimia untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Tanah masam mencakup berbagai jenis tanah dengan karakter fisik yang beragam. Pada tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut, seperti tanah ultisol. Warna merah-kuning pada tanah masam dapat berkaitan dengan dominasi oksida Fe dan Al, namun karakter warna, tekstur, dan kemampuan menahan air tetap bergantung pada bahan induk dan proses pembentukan tanah (Kasno, 2019). Kapasitas menahan air umumnya cukup baik, namun pada kondisi basah dapat menghambat respirasi akar. Kandungan bahan organik yang rendah juga dapat mengakibatkan siklus hara tanah tidak optimal, sehingga tanah kehilangan kemampuan untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan (Artsam *et al*., 2022).

Upaya pengelolaan tanah masam dapat dilakukan melalui pengapuran untuk menetralkan keasaman tanah dan menurunkan kelarutan Al^{3+}, serta pemberian bahan organik seperti kompos, pupuk kandang, atau biochar untuk meningkatkan kandungan C-organik dan Kapasitas Tukar Kation (KTK). Biochar dari bahan pertanian lokal, misalnya sekam padi, tongkol jagung, tandan kelapa sawit, batang singkong, dan lainnya mampu digunakan untuk memperbaiki ketersediaan unsur hara terutama fosfor pada tanah masam (Artsam *et al*., 2022).

2.3. Biochar

Biochar merupakan bahan hasil pirolisis biomassa organik pada suhu tinggi dengan oksigen terbatas, yang menghasilkan produk kaya karbon berstruktur pori. Fungsi utama biochar dalam tanah adalah sebagai pembenah tanah (*soil*

amendment) yang dapat meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Secara fisik, biochar dapat meningkatkan porositas, aerasi, dan retensi air. Secara kimia, biochar dapat meningkatkan pH, meningkatkan KTK, menekan toksisitas (Al^{3+}) dan besi (Fe^{3+}), serta meningkatkan ketersediaan unsur hara secara langsung atau tidak langsung (Sirait *et al*., 2020).

Fungsi biochar dari sisi biologis dapat berperan sebagai mikrohabitat bagi mikroorganisme tanah, karena struktur porinya menyediakan ruang yang aman bagi pertumbuhan bakteri pelarut fosfat, fiksator nitrogen, maupun mikroba dekomposer bahan organik (Agviolita *et al*., 2021). Kehadiran mikroba tersebut mempercepat proses mineralisasi hara serta memperbaiki keseimbangan ekosistem mikrobiologis tanah. Struktur berpori dan luas permukaan spesifik biochar yang terbentuk selama proses pirolisis didug mampu memperbaiki kualitas tanah, sehingga biochar dapat menyediakan ruang makropori dan mikropori yang kondusif bagi perkembangan mikroorganisme tanah (Iskandar dan Rofiatin, 2017).

Jenis dan sifat biochar sangat dipengaruhi oleh bahan baku (*feedstock*) dan suhu pirolisis yang digunakan. Biochar dari sekam padi biasanya mengandung silika (SiO_2) tinggi dan bertekstur halus, sedangkan biochar dari tongkol jagung atau batang singkong memiliki kandungan karbon dan luas permukaan yang tinggi, menjadikannya efektif untuk memperbaiki sifat kimia tanah. Oleh karena itu, pemilihan bahan baku biochar perlu disesuaikan dengan tujuan penggunaannya di lapangan. Aplikasi biochar dalam sistem pertanian khususnya pada tanah masam merupakan strategi berkelanjutan yang dapat memperbaiki kualitas tanah dalam jangka panjang dan memacu perkembangan tanaman (Solfianti *et al*., 2021).

2.4. Pupuk Fosfor

Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Fosfor berperan dalam proses metabolisme energi, terutama dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP), yang berfungsi sebagai sumber energi utama dalam berbagai reaksi biokimia tanaman. Selain itu, fosfor juga terlibat dalam pembentukan asam nukleat (DNA dan RNA), fosfolipid penyusun membran sel, serta mempercepat pembelahan dan pembesaran sel (Nuryani *et al*., 2019).

Fraksi P yang tersedia bagi tanaman dari dalam tanah masam biasanya hanya sekitar 0,01 – 0,10% dari total P. Kondisi ini mengakibatkan tanaman dapat mengalami defisiensi fosfor, sehingga membutuhkan aplikasi pupuk fosfor dalam jumlah yang cukup tinggi dan jenis yang tepat (Lisdiyanti dan Guchi, 2018). Aplikasi dosis pupuk fosfor yang lebih tinggi dibutuhkan untuk melampaui ambang fiksasi tanah agar pasokan P bagi tanaman tetap terpenuhi. Jenis pupuk fosfor yang banyak digunakan dalam pertanian antara lain superfosfat tunggal (SP-36), superfosfat ganda (TSP), dan pupuk majemuk yang mengandung P. Pupuk SP-36, misalnya, mengandung sekitar 36% P_2O_5 yang setara dengan 16% P, dan memiliki sifat larut dalam air sehingga cepat tersedia bagi tanaman dan pupuk TSP memiliki kandungan P_2O_5 lebih tinggi (sekitar 44 – 46%) dan cocok digunakan pada lahan yang sangat miskin P (Nisfuriah *et al*., 2020). Oleh karena itu, untuk menjaga kejelasan dan konsistensi, dosis perlakuan pada penelitian ini dinyatakan secara eksplisit berbasis bobot produk komersial (kg SP-36 ha^{-1}) sebagai standar acuan dosis yang diterapkan di seluruh parameter pengamatan.

Dosis pemberian pupuk fosfor sangat bergantung pada jenis tanah, ketersediaan hara, dan kebutuhan spesifik tanaman. Penggunaan kombinasi pupuk SP-36 dengan pupuk kandang dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara P dalam tanah sekaligus memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah masam (Prasetyo *et al*., 2022). Pada tanaman jagung manis, kebutuhan unsur hara P umumnya lebih tinggi pada fase awal pertumbuhan, yaitu sejak perkecambahan hingga pembentukan akar primer dan sekunder, karena pada fase ini fosfor berperan penting dalam mempercepat perkembangan sistem perakaran.

BAB III

MATERI DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan dari bulan Desember 2025 – Februari 2026 di *Greenhouse* Svarnaloka Indonesia, Cepoko, Gunung Pati, Semarang, Jawa Tengah yang berada pada titik koordinat 7.079613°LS dan 110.348297° BT. Analisis parameter pengamatan dilaksanakan di Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

3.1. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan dan alat. Bahan yang digunakan meliputi benih jagung varietas NB Super F1, tanah masam (media tanam), biochar sekam padi, biochar tongkol jagung, biochar batang singkong, pupuk fosfor (SP-36), pupuk nitrogen 350 kg Urea/ha, pupuk kalium 100 kg KCl/ha, air, larutan KCl 1 N, HNO_3, H_2SO_4, HCl 1 N, H_2O_2, NH_4F, NH_4OAc, alkohol 96%, asam borat, asam askorbat, kertas saring, dan akuades. Alat yang digunakan yaitu timbangan, sekop, gembor, selang, drum, tungku, pH meter tanah, alat pengaduk kayu, *polybag* (45 × 45 cm), ajir bambu, korek api, penggaris, meteran, gunting, label perlakuan, tisu, pisau atau *cutter*, tali rafia, jangka sorong, termokopel, *Soil Plant Analysis Development* (SPAD), refraktometer, *Temperature Humidity Data Logger*, plastik, amplop, blender, oven, spektrofotometer, erlenmeyer, tabung reaksi, karet, alat tulis, dan alat dokumentasi.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1. Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Percobaan Faktorial yang disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 4 × 4, sehingga terdapat 16 kombinasi perlakuan. Faktor pertama adalah jenis biochar dengan 4 taraf, yaitu :

B0 : Kontrol (tanpa biochar)

B1 : Biochar sekam padi

B2 : Biochar batang singkong

B3 : Biochar tongkol jagung

Faktor kedua adalah dosis pupuk fosfor dengan 4 taraf, yaitu :

P0 : 0 kg SP-36 ha^{-1}

P1 : 125 kg SP-36 ha^{-1}

P2 : 150 kg SP-36 ha^{-1}

P3 : 175 kg SP-36 ha^{-1}

Rancangan penelitian ini menggunakan tahap kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali pada setiap kelompoknya. Masing-masing unit percobaan terdiri atas 1 tanaman, sehingga secara keseluruhan diperoleh total 48 percobaan tanaman jagung manis.

3.2.2. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu persiapan *greenhouse,* analisis tanah awal sebelum budidaya tanaman jagung manis, persiapan dan pemberian perlakuan jenis biochar, persiapan dan pemberian perlakuan pupuk fosfor, persiapan media tanam, penanaman, pemeliharaan, pengamatan, pemanenan, pengambilan data, analisis tanah setelah panen, dan analisis data.

1) Tahap persiapan *greenhouse*

Tahap persiapan *greenhouse* dilakukan satu bulan sebelum kegiatan penanaman dengan menyapu area *greenhouse* dan sterilisasi *greenhouse* dengan penyemprotan larutan H_2O_2 3% untuk menjaga kebersihan ruangan dalam *greenhouse* agar tidak mudah terserang hama dan penyakit secara menyeluruh. Ukuran *greenhouse* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 7 × 3 m^2.

2) Analisis tanah awal

Tahap analisis tanah awal dilakukan dengan pengambilan sampel tanah berjumlah 1 sampel dengan kriteria tanah masam pada kedalaman sekitar 0 – 20 cm di Cepoko, Gunung Pati, Semarang. Analisis tanah awal meliputi sifat kimia dan sifat fisika pada tanah, yaitu pH tanah (H_2O), pH tanah (KCl), N-Total, P-Total, K-Total, C-Organik, C/N ratio, KTK, EC total, P-Tersedia, dan tekstur tanah. Penetapan nilai pH tanah dilakukan menggunakan alat pH meter tanah, N-Total menggunakan metode Kjeldahl (destruksi H_2SO_4, destilasi NaOH, dan titrasi H_3BO_3), P-Total dan K-Total menggunakan metode destruksi basah HNO_3 dan $HClO_4$ yang diukur dengan

spektrofotometer UV-Vis dan *Flame Photometer*, C-Organik menggunakan metode Walkley-Black ($K_2Cr_2O_7$ dan H_2SO_4) yang dititrasi dengan larutan FAS, KTK menggunakan metode ekstraksi amonium asetat, EC total menggunakan metode konduktometri pada suspensi tanah-akuades, P-Tersedia menggunakan metode Bray I ($HCl + NH_4F$) dan diukur absorbnsinya pada panjang gelombang 889 nm, dan tekstur tanah dengan menggunakan metode Hidrometer Bouyoucos berdasarkan prinsip Hukum Stokes yang kemudian ditentukan kelas strukturnya melalui Segitiga Tekstur USDA. Hasil analisis tanah awal dapat dilihat pada Tabel 1.

3) Persiapan media tanam

Persiapan media tanam dilakukan dengan menyiapkan tanah dengan jenis tanah masam yang memiliki pH rendah yaitu 5,2 sesuai dengan kriteria hasil analisis tanah awal, kemudian tanah dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 45 × 45 cm, serta menambahkan perlakuan biochar sesuai dengan dosis yang ditentukan pada saat sebelum benih ditanam, dan memberikan pupuk dasar serta perlakuan pupuk fosfor tunggal pada media tanam sesuai dengan dosis yang telah ditentukan.

4) Persiapan dan pemberian perlakuan biochar

Pembuatan biochar dilakukan melalui proses pirolisis dengan membakar sekam padi, batang singkong, dan tongkol jagung berukuran di bawaah 30 mm (jika bahan berukuran lebih besar harus dicacah terlebih dahulu), lalu dimasukkan ke dalam drum tertutup pada kondisi operasional pembakaran dijaga dengan suhu sekitar 500 – 650°C yang dipantau menggunakan

termokopel selama 2 – 3 jam hingga bahan berubah menjadi biochar berwarna hitam dan tidak lagi menunjukkan bagian biomassa yang belum terkarbonisasi secara visual, kemudian biochar didinginkan. Setelah biochar sudah siap dapat dicampur dengan media tanam, lalu didiamkan selama 1 minggu sesuai dengan perlakuan, yaitu B0 = Kontrol, B1 = Biochar sekam padi, B2 = Biochar batang singkong, dan B3 = Biochar tongkol jagung, dengan dosis yang digunakan yaitu 10 ton ha^{-1}.

5) Persiapan dan pemberian perlakuan pupuk fosfor

Persiapan pupuk dilakukan dengan menimbang dosis pupuk sesuai perlakuan, yaitu P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, dan P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}. Pupuk fosfor yang digunakan berupa pupuk SP-36. Selain itu, juga memberikan pupuk N 350 kg Urea/ha (12,60 g/tanaman) dan pupuk K 100 kg KCl/ha (3,60 g/tanaman) sebagai pupuk dasar. Setelah itu, Urea, KCl, dan SP-36 diaplikasikan ke dalam media tanam sesuai dosis masing-masing 1 minggu sebelum benih ditanam.

6) Penanaman

Penanaman benih jagung manis dilakukan dengan membuat lubang tanam sedalam 2 – 3 cm, kemudian benih diletakkan pada lubang yang telah disiapkan dan ditutup dengan media tanam kembali. Penanaman benih jagung manis dilakukan secara hati-hati untuk menghindari kerusakan benih dengan memberikan kedalaman lubang yang tepat agar akar dan tunas dapat berkembang secara optimal. Setelah itu, media tanam disiram dengan air secukupnya.

7) Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman jagung manis dilakukan secara rutin yang meliputi penyiraman setiap pagi atau sore hari untuk menjaga kelembapan media tanam, serta penyiangan gulma secara mekanik dengan mencabut gulma di sekitar *polybag* guna mencegah persaingan hara. Penyulaman dilakukan menggunakan tanaman cadangan yang berumur sama jika terdapat tanaman yang mati, diikuti pemangkasan daun atau cabang yang rusak sesuai kebutuhan. Selain itu, pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) dilakukan secara fisik dan mekanik melalui pemungutan dan pemusnahan hama secara manual pada permukaan daun mengingat intensitas serangannya yang relatif sedikit.

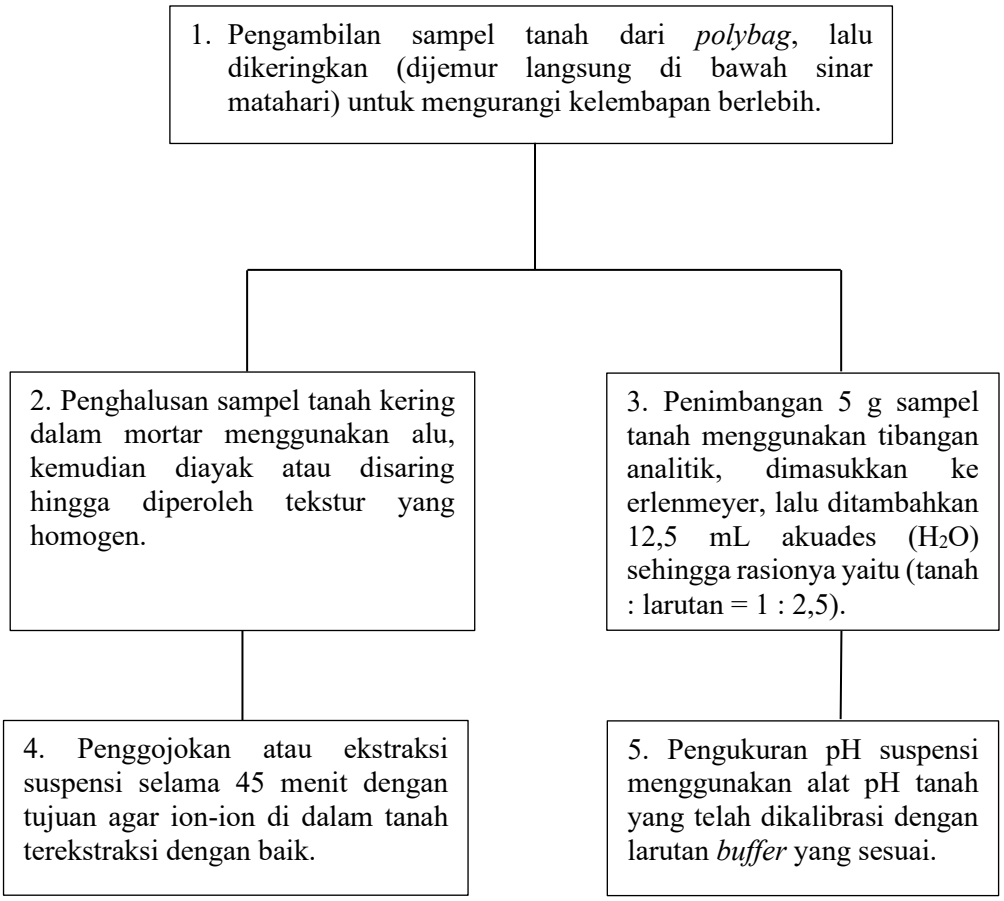
8) Pengamatan parameter

Pengamatan parameter dilakukan setiap 1 MST terhadap parameter pertumbuhan meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), indeks kehijauan daun. Kemudian, pengamatan parameter pada saat proses panen, yaitu jumlah tongkol per tanaman (tongkol), bobot segar tanaman (g), bobot kering tanaman (g), bobot basah tongkol per tanaman (g), bobot basah biji (g), bobot kering biji (g), panjang tongkol (cm), diameter tongkol (cm), dan kemanisan biji (°Brix). Setelah itu, pengamatan parameter sifat kimia tanah, yaitu pH tanah, P-tersedia (ppm), KTK (cmol(+) kg^{-1}), dan serapan P brangkasan dan biji (mg/tanaman).

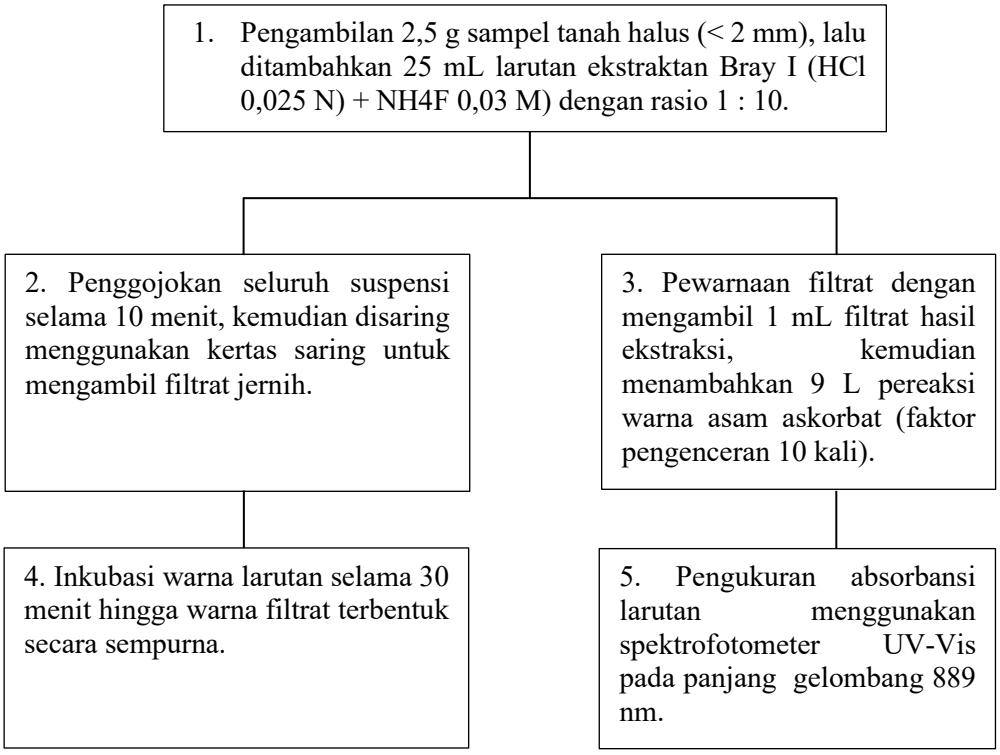
9) Pemanenan

Pemanenan jagung manis varietas NB Super F1 dilakukan pada umur 70 HST saat mencapai kematangan konsumsi, yang ditandai dengan pembentukan tongkol yang telah terisi penuh dan berbiji lunak manis. Pemanenan dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan tongkol dan biji dengan cara tongkol dipotong menggunakan pisau atau gunting tajam tepat di pangkal tangkai.

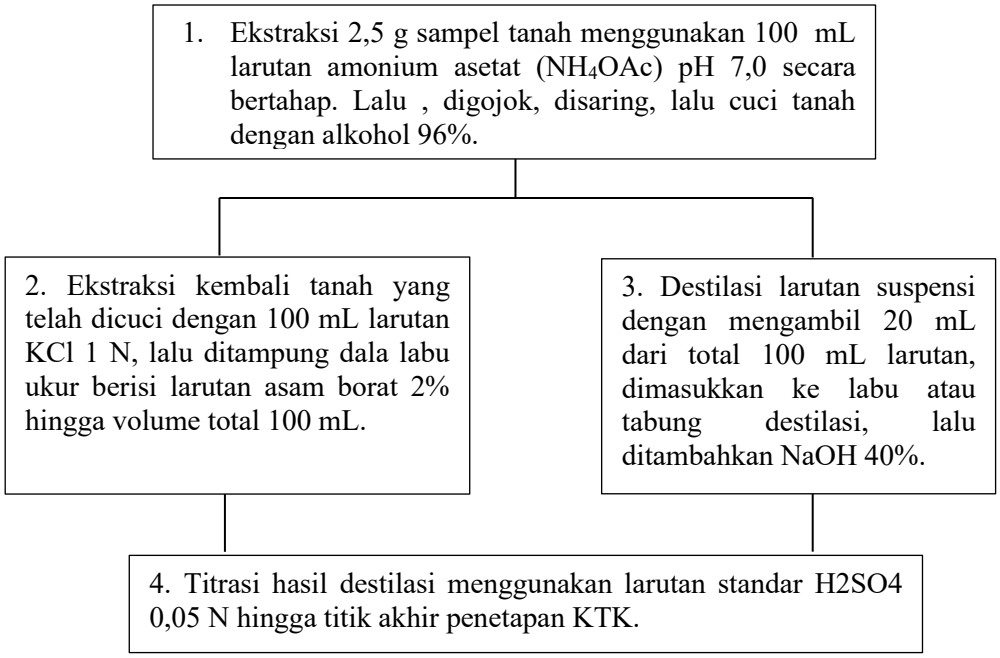
10) Analisis tanah setelah panen



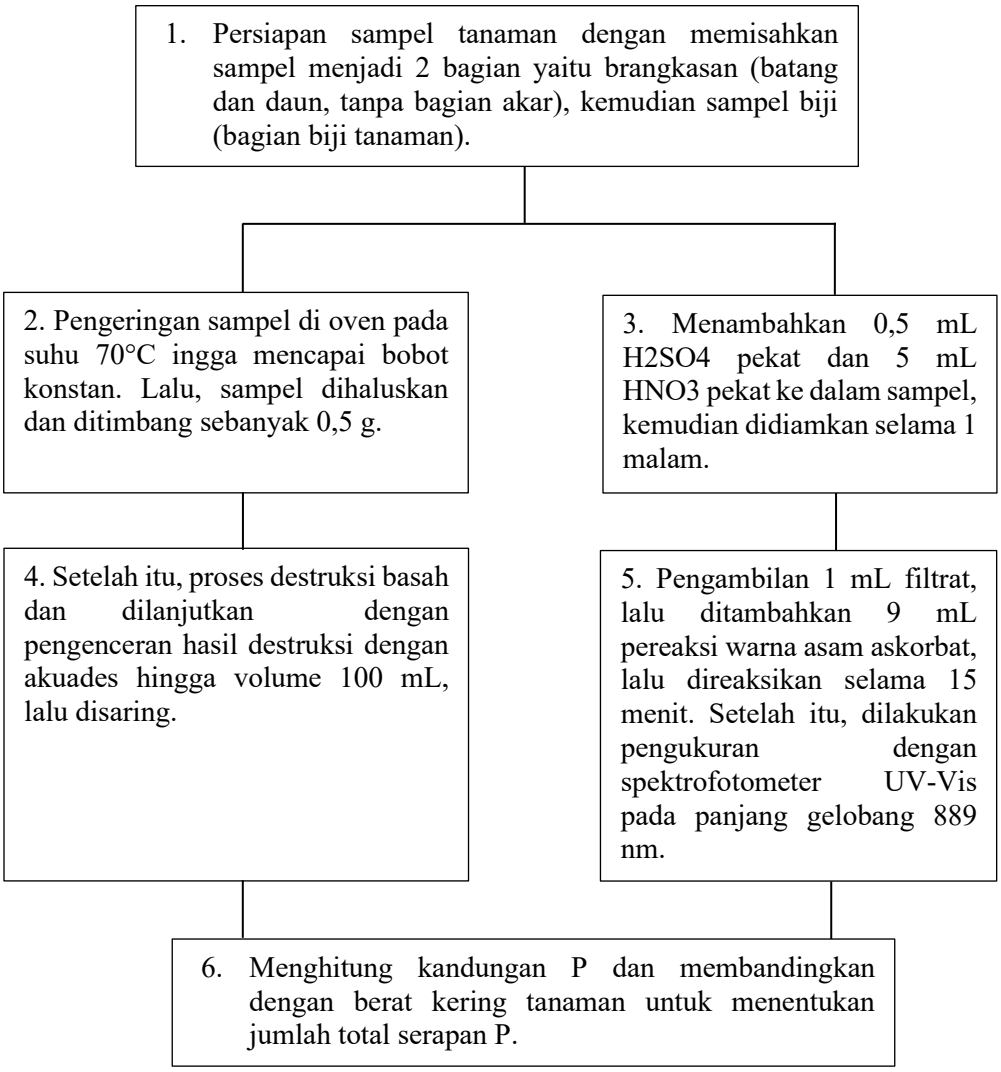
Ilustrasi 1. Diagram alir prosedur analisis pH tanah



Ilustrasi 2. Diagram alir prosedur analisis P-tersedia



Ilustrasi 3. Diagram alir prosedur analisis KTK



Ilustrasi 4. Diagram alir prosedur analisis serapan P

3.2.3. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati meliputi parameter lingkungan, sifat kimia tanah, pertumbuhan dan hasil dari tanaman jagung manis. Parameter lingkungan yang diamati meliputi suhu dan kelembaban di dalam *greenhouse*. Parameter sifat kimia tanah yang diamati meliputi pH tanah, P-tersedia (ppm P), KTK ($cmol(+)\ kg^{-1}$), dan serapan P brangkasan dan biji (mg P/tanaman). Parameter pertumbuhan dan hasil

tanaman jagung manis yang diamati meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), indeks kehijauan daun, bobot segar tanam (g), bobot kering tanaman (g), bobot basah tongkol per tanaman (g), bobot basah biji (g), bobot kering biji (g), jumlah tongkol (tongkol), panjang tongkol (cm), diameter tongkol (cm), dan kemanisan biji (°brix).

- **Parameter Lingkungan :** Suhu (°C) dan Kelembaban Udara (%)

Parameter dilakukan setiap hari dengan mengukur suhu dan kelembaban udara yang ada di dalam *greenhouse* dengan menggunakan *Temperature Humidity Data Logger* yang merupakan perangkat perekam data digital berakurasi tinggi dan memiliki fungsi untuk mengukur serta mencatat suhu (*temperature*) dan kelembaban (*humidity*) secara otomatis dalam jangka waktu tertentu. Pada penelitian ini, data suhu dan kelembaban direkam dan dicatat otomatis dalam setiap 15 menit sekali.

- **Parameter Sifat Kimia Tanah :**

1) pH tanah

Pengukuran pH tanah dilakukan saat tanaman telah dilakukan pemanenan pada umur (70 HST) dengan mengambil sampel tanah sekitar 5 g dan menambahkan akuades sekitar 12,5 mL, sehingga diperoleh rasio tanah : larutan sebesar (1 : 2,5) dan suspensi digojok menggunakan mesin penggojok selama 45 menit. Setelah itu, larutan diteteskan ke sensor pH meter tanah dan diamati nilai yang terdapat pada layar.

2) P-tersedia (ppm P)

Pengukuran P-tersedia dalam tanah dilakukan pada saat tanaman telah

dilakukan pemanenan pada umur (70 HST) dengan mengambil sampel tanah di dalam *polybag*, kemudian dihaluskan. P-tersedia dianalisis menggunakan metode Bray I yaitu menggunakan sampel tanah 2,5 g (<2 mm), lalu ditambahkan 25 mL larutan ekstraktan Bray I yang meliputi HCl 0,025 N, amonium fluorida (NH_4F) 0,03 M dengan rasio 1 : 10. Setelah itu, seluruh suspensi dikocok selama 10 menit, lalu disaring menggunakan kertas saring untuk memperoleh filtrat jernih. Filtrat hasil ekstraksi dipipet 1 mL, lalu ditambahkan pereaksi warna asam askorbat 9 mL. Kemudian, larutan didiamkan selama 30 menit agar warna filtrat dapat terbentuk secara sempurna dan diuji ke dalam spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 889 nm. Hasil pengukuran dicatat dan dihitung berdasarkan BPSI Tanah dan Pupuk 2023, sebagai berikut:

$$\text{Kadar } P_2O_5 \text{ Tersedia (ppm)} = \text{ppm kurva} \times 10 \times \text{fp} \times \frac{142}{190} \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang diperoleh dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko

fp = faktor pengenceran

142/190 = faktor konversi bentuk PO_4 menjadi P_2O_5

fk = faktor koreksi kadar air.

3) KTK (cmol(+) kg^{-1})

Pengukuran KTK dilakukan pada saat tanaman telah dilakukan pemanenan pada umur (70 HST) menggunakan 2,5 g sampel tanah diektraksi

menggunakan larutan amonium asetat (NH_4OAc) 1 N pH 7,0 sebanyak 100 mL (secara bertahap/perkolasi), dikocok, lalu disaring dan dicuci menggunakan alkohol 96%. Kemudian, tanah kembali diekstraksi dengan larutan KCl 1 N sebanyak 100 mL dan ditampung ke labu ukur dalam larutan asam borat 2% hingga volume total mecapai 100 mL. setelah itu, dipipet 20 mL dari volume tota 100 mL perklorat dan dimasukkan ke labu atau tabung destilasi dengan tabahan NaOH 40%. Lalu, dititrasi menggunakan larutan standar H_2SO_4 0,05 N. Hasil pengukuran dicatat dan dihitung berdasarkan BPSI Tanah dan Pupuk 2023, sebagai berikut:

$$\text{KTK (cmol(+) kg}^{-1}) = (V_c - V_b) \times N_{H_2SO_4} \times 0{,}1 \times \frac{1.000}{\text{berat sampel}} \times \text{fk}$$

Keterangan:

Vc = volume titrasi contoh (mL)

Vb = volume titrasi blanko (mL)

$N_{H_2SO_4}$ = normalitas larutan standar H_2SO_4 (N)

0,1 = faktor konversi dari milimol (mmol) ke sentimol (cmol)

1000 = faktor konversi berat dari (g) ke (kg)

fk = faktor koreksi kadar air tanah.

4) Serapan P (Brangkasan dan Biji)

Pengukuran serapan P dilakukan pada saat pemanenan pada umur (70 HST). Sampel tanaman dipisahkan menjadi bagian brangkasan tajuk (daun dan batang tidak termasuk akar) serta biji, kemudian dikeringkan dalam oven suhu 70°C hingga mencapai bobot konstan, lalu dihaluskan dan ditimbang sebanyak 0,5 g. Kandungan fosfor dianalisis melalui metode destruksi basah

menggunakan asam kuat H_2SO_4 sebanyak 0,5mL dan HNO_3 sebanyak 5 mL. Sampel didiamkan semalam, kemudian didestruksi. Hasil destruksi diencerkan dengan akuades hingga volume 100 mL, lalu disaring. Filtrat diambil sebanyak 1 mL. Kemudian direaksikan dengan 9 mL pereaksi warna asam askorbat selama 15 menit dan diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 889 nm. Hasil pengukuran dicatat dan dihitung berdasarkan BPSI Tanah dan Pupuk 2023, sebagai berikut:

$$\text{Kadar P (\%)} = \text{ppm kurva} \times \frac{ml\ ekstrak}{1.000\ ml} \times \frac{100}{mg\ contoh} \times \text{fp} \times \frac{31}{95} \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang diperoleh dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko

fp = faktor pengenceran

fk = faktor koreksi kadar air

100 = faktor koreksi ke %

31 = bobot atom P

95 = bobot molekul PO_4.

10 = faktor konversi dari % ke mg g^{-1} (1% = 10 Mg g^{-1})

Serapan P (mg/tanaman) = Kadar P (%) × Bobot Kering Brangkasan (g) × 10

Serapan P Biji (mg/tanaman) = Kadar P (%) × Bobot Kering Biji (g) × 10

- **Parameter pertumbuhan dan hasil tanaman :**

1) Tinggi tanaman 70 HST (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan mengukur tanaman dari pangkal batang hingga pucuk daun teratas. Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan meteran atau penggaris. Kegiatan pengukuran tinggi tanaman jagung manis dilakukan pada saat tanaman berumur (70 HST).

2) Jumlah daun 70 HST (helai)

Jumlah daun dapat diperoleh dengan cara menghitung total keseluruhan jumlah daun per tanaman. Pengamatan jumlah daun dilakukan pada (7 HST) hingga panen saat tanaman berumur (70 HST).

3) Indeks Kehijauan daun 70 HST (SPAD)

Indeks Kehijauan daun diamati secara berkala sejak (7 HST) hingga (70 HST) dengan menggunakan alat SPAD. SPAD merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan atau kadar klorofil daun. Pengukuran SPAD dilakukan pada daun ketiga dari pucuk (daun muda yang telah terbuka sempurna) pada tiga titik posisi helai daun (bagian ujung, tengah, dan pangkal) dengan menghindari ibu tulang daun utama. Nilai tingkat indeks kehijauan daun yang digunakan dalam analisis data merupakan nilai pengamatan pada 70 HST.

4) Bobot segar tanaman (g)

Bobot segar tanaman diperoleh dengan menimbang tanaman utuh (daun, batang, akar) tidak termasuk tongkol dan biji setelah panen dalam kondisi segar yang telah dicabut dan dibersihkan, menggunakan timbangan.

Pengamatan ini dilakukan saat tanaman dipanen (70 HST).

5) Bobot kering tanaman (g)

Bobot kering tanaman diperoleh dengan menimbang tanaman utuh (daun, batang, akar) tidak termasuk tongkol dan biji setelah dilakukan pengeringan menggunakan oven suhu 70°C hingga mencapai bobot konstan. Pengamatan dilakukan saat tanaman telah dipanen (70 HST).

6) Bobot basah tongkol per tanaman (g)

Bobot basah tongkol per tanaman diperoleh dengan menimbang tongkol jagung manis yang berkelobot dalam kondisi segar menggunakan timbangan. Pengamatan ini dilakukan pada saat tanaman telah dipanen (70 HST).

7) Bobot basah biji (g)

Bobot basah biji diperoleh dengan menimbang biji yang telah dipipil dan dibersihkan menggunakan timbangan. Pengamatan ini dilakukan pada saat tanaman telah dipanen (70 HST).

8) Bobot kering biji (g)

Bobot kering biji diperoleh setelah dilakukan pengeringan menggunakan oven suhu 70°C selama 3 hari hingga mencapai bobot konstan dan ditimbang menggunakan timbangan. Pengamatan ini dilakukan pada saat tanaman telah dipanen (70 HST).

9) Jumlah tongkol (tongkol)

Jumlah tongkol diperoleh dengan cara mengamati dan mencatat semua tongkol yang terbentuk pada setiap tanaman saat fase generatif hingga panen. Pengamatan ini dilakukan pada saat tanaman telah dipanen (70 HST).

10) Panjang tongkol (cm)

Panjang tongkol diperoleh dengan cara mengukur tongkol menggunakan penggaris. Pengamatan ini dilakukan pada saat tanaman telah dipanen (70 HST).

11) Diameter tongkol (cm)

Diameter tongkol diperoleh dengan cara mengukur menggunakan jangka sorong. Pengamatan ini dilakukan pada saat tanaman telah dipanen (70 HST).

12) Kemanisan biji (°Brix)

Analisis kemanisan biji dilakukan menggunakan refraktometer setelah proses pemanenan (70 HST). Sebelum pengukuran setiap sampel, refraktometer dikalibrasi ulang menggunakan akuades hingga menunjukkan skala °Brix. Sebanyak 5 biji yang diambil dari bagian tengah tongkol pada setiap unit percobaan dan ditekan hingga sari biji menutupi prisma. Nilai °Brix dibaca satu kali untuk setiap unit percobaan setelah refraktometer dikalibrasi dengan akuades.

3.3. Analisis Data

Model linier yang digunakan dalam setiap nilai pengamatan sesuai percobaan faktorial 4×4 dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{Yijk = \mu + Bi + Pj + (BP)ij + \varepsilon ijk}$$

Keterangan :

Yijk = Pengamatan faktor jenis biochar pada taraf ke-i dan faktor dosis pupuk fosfor pada taraf ke-j, serta ulangan ke-k

μ	=	Nilai rataan umum
Bi	=	Pengaruh perlakuan ke-i dari faktor jenis biochar
Pj	=	Pengaruh perlakuan ke-j dari faktor dosis pupuk fosfor
(BP)ij	=	Pengaruh interaksi taraf ke-i faktor B dan taraf ke-j faktor P
εijk	=	Galat acak pada pengamatan kombinasi perlakuan jenis biochar ke-i dan dosis pupuk fosfor ke-j

Hipotesis statistik yang diuji dalam penelitian :

1. Pengaruh faktor jenis biochar

H0 = $\mu B0 = \mu B1 = \mu B2 = \mu B3 = 0$

Tidak ada pengaruh jenis biochar terhadap parameter yang diamati.

H1 = Minimal ada satu perlakuan $Bi \neq 0$

Terdapat pengaruh jenis biochar terhadap parameter yang diamati.

2. Pengaruh faktor dosis pupuk fosfor

H0 = $\mu P0 = \mu P1 = \mu P2 = \mu P3 = 0$

Tidak ada pengaruh dosis pupuk fosfor terhadap parameter yang diamati.

H1 = Minimal ada satu perlakuan $Pj \neq 0$

Terdapat pengaruh dosis pupuk fosfor terhadap parameter yang diamati.

3. Pengaruh interaksi jenis biochar dan dosis pupuk fosfor

H0 = $(BP)ij = 0$ untuk seluruh i, j

Tidak terdapat interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor terhadap parameter yang diamati.

H1 = Minimal ada satu perlakuan BiPj ≠ 0

Terdapat interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor terhadap parameter yang diamati.

Analisis Statistik

Data hasil penelitian di analisa menggunakan analisis ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf 5% untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan. Apabila terdapat pengaruh nyata maka dilanjut menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan perbedaan antara perlakuan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis Tanah Awal

Proses analisis tanah dapat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kandungan unsur hara tanah sebelum dilakukan proses penanaman. Proses analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. Tanah yang digunakan merupakan tanah yang diambil dari Kelurahan Cepoko, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang. Analisis sifat tanah awal meliputi pH, N-Total, P_2O_5 HCl 25%, K_2O HCl 25%, C-Organik, C/N Ratio, KTK, *Electrical Conductivity* (EC), P_2O_5 Bray, dan Tekstur. Hasil analisis tanah awal disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Tanah Awal

No	Parameter Tanah	Hasil Analisis Tanah	Kriteria
1.	pH (H_2O)	5,2*	Masam
2.	pH (KCl)	4,5*	Masam
3.	N-Total (%)	0,12*	Rendah
4.	P_2O_5 HCl 25% (mg/100g)	39,57*	Sedang
5.	K_2O HCl 25% (mg/100g)	28,94*	Sedang
6.	C-Organik (%)	1,14*	Rendah
7.	C/N Ratio	9,49*	Rendah
8.	KTK (cmol(+) kg^{-1})	13,5**	Rendah
9.	*Electrical Conductivity* (mS/cm)	0,05*	Sangat rendah
10.	P-Tersedia (ppm P)	9,61*	Sedang
11.	Al-dd (cmol(+) kg^{-1})	1,82	-
12.	Tekstur	Fraksi Pasir (%) : 24,96* Fraksi Debu (%) : 50,31* Fraksi Liat (%) : 24,73*	Lempung berdebu

Berdasarkan Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023
*) Hasil Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Universitas Diponegoro, 2026
**) Hasil Laboratorium Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Semarang, 2026

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa tanah dari Kelurahan Cepoko tergolong bertekstur lempung berdebu dengan dominasi fraksi debu (50,31%), serta sebagian indikator kesuburan tanah tergolong rendah – sangat rendah. Secara kimia tanah ini menunjukkan beberapa kendala kesuburan seperti pH tanah yang masam, N-total, C-organik, KTK rendah, lalu P_2O_5 HCl 25%, K_2O HCl 25%, P_2O_5 Bray pada kriteria sedang. Menurut Firnia (2018) pada tanah masam, fosfat dapat teradsorpsi atau terpresipitasi oleh Al dan Fe sehingga konsentrasi P dalam larutan tanah dan ketersediaannya bagi tanaman menurun. Selain itu, kandungan bahan organik di dalam tanah sangat penting karena untuk memicu meningkatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Dewi *et al*. (2024) rendahnya bahan organik menandakan bahwa daya simpan dan daya tahan terhadap pencucian hara (*leaching*) masih lemah sehingga memungkinkan dapat menurunkan efisiensi pemupukan secara drastis serta dapat memicu degradasi lahan jangka panjang yang ditandai dengan kerentanan terhadap erosi dan pemadatan tanah.

4.2. Hasil Analisis Jenis Biochar

Proses analisis biochar dapat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kandungan unsur hara jenis biochar sebelum dilakukan proses penanaman. Proses analisis biochar dilakukan di Laboratorium Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang. Analisis biochar meliputi pH, N-Total, P-Total, K-Total, Carbon, C-Organik, C/N Ratio. Hasil analisis jenis biochar disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Jenis Biochar

Parameter Pengukuran	Biochar Sekam Padi	Biochar Batang Singkong	Biochar Tongkol Jagung
pH	8,92	8,16	9,37
N-Total (%)	0,53	0,48	0,69
P-Total (%)	0,21	0,45	0,34
K-Total (%)	0,35	0,33	0,42
C-Organik (%)	39,95	35,69	48,99
C/N Ratio	75,38	74,35	71,00

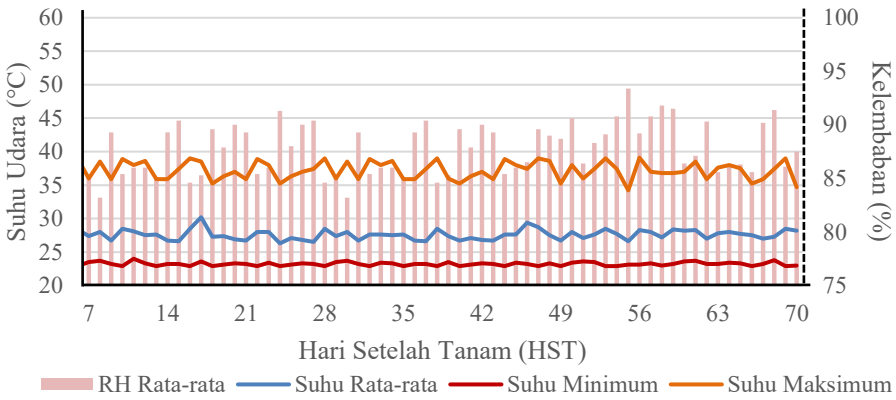
Hasil Laboratorium Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Semarang, 2026

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai pH ketiga jenis biochar bersifat alkalis (basa) dengan kisaran (8,16-9,37). Biochar tongkol jagung memiliki nilai pH tertinggi yaitu 9,37, biochar sekam padi 8,92, dan biochar batang singkong 8,16. Menurut Sholihah *et al*. (2025) sifat alkalis terbentuk akibat pelepasan kation-kation basa serta hilangnya gugus fungsi asam selama proses pirolisis, sehingga ketiga jenis biochar sangat potensial digunakan sebagai pembenah tanah. Ketiga jenis biochar tersebut di dominasi oleh nilai parameter berkategori tinggi hingga sangat tinggi, terutama pada komponen pH, C-organik, dan C/N rasio. Menurut Melati *et al*. (2020) tingginya kandungan karbon pada tongkol jagung kemungkinan dipengaruhi oleh tingginya fraksi lignoselulosa alami pada bahan baku dasar.

4.3. Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan di dalam *greenhouse* Svarnaloka Indonesia pada Lampiran 5 diamati dengan melakukan pengamatan suhu dan kelembaban udara (RH) minimum dan maksimum sejak awal penanaman hingga pemanenan selama 70 hari.

Hasil rata-rata suhu dan kelembaban *greenhouse* disajikan pada Ilustrasi 1.



Ilustrasi 5. Grafik rata-rata suhu dan kelembaban *greenhouse*

Berdasarkan Ilustrasi 5 menunjukkan bahwa suhu rata-rata harian selama penelitian tercatat sebesar 27,6°C, dengan rata-rata suhu minimum harian sebesar 22,9°C dan rata-rata suhu maksimum harian sebesar 37,1°C. Menurut Anggraini (2019) tanaman jagung manis umumnya dapat tumbuh pada suhu optimal antara 23-30°C untuk pertumbuhan vegetatif hingga fase generatif, tetapi lonjakan suhu maksimum yang tinggi dapat mengganggu proses fisiologis tanaman. Hasil pengamatan kelembaban udara rata-rata harian menunjukkan angka 88%, dengan rata-rata kelembaban minimum sebesar 54% dan kelembaban maksimum mencapai 100% yang menunjukkan kondisi udara sangat lembab di dalam *greenhouse*. Menurut Rosnina *et al*. (2021) kelembaban udara yang cenderung tinggi dapat disebabkan oleh kondisi cuaca yang bertepatan dengan musim penghujan, serta struktur *greenhouse* yang membatasi sirkulasi angin bebas.

4.4. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam

Berdasarkan hasil analisis ragam seluruh parameter terhadap perlakuan jenis biochar dan dosis pupuk fosfor pada sifat kimia tanah, pertumbuhan, dan hasil tanaman jagung manis. Kompilasi hasil parameter sifat kimia tanah, pertumbuhan, dan hasil tanaman jagung manis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Sifat Kimia, Pertumbuhan, dan Hasil Tanaman Jagung Manis pada Perlakuan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor

No	Parameter	Jenis Biochar (B0/B1/B2/B3)	Dosis Pupuk Fosfor (P0/P1/P2/P3)	Interaksi (B × P)
1.	pH Tanah	*(b/ab/b/a)	*(b,a,a,a)	tn
2.	P-Tersedia (ppm P)	*(b/a/a/a)	*(c/b/b/a)	tn
3.	Kapasitas Tukar Kation (cmol(+) kg^{-1})	tn	tn	tn
4.	Tinggi Tanaman 70 HST (cm)	tn	*(b/a/a/a)	tn
5.	Jumlah Daun 70 HST (helai)	tn	*(b/a/a/a)	tn
6.	Indeks Kehijauan Daun	tn	*(b/a/a/a)	tn
7.	Jumlah Tongkol (tongkol)	tn	tn	tn
8.	Bobot Basah Tongkol (g)	tn	*(d/c/b/a)	tn
9.	Panjang Tongkol (cm)	tn	tn	tn
10.	Diameter Tongkol (cm)	tn	tn	tn
11.	Bobot Segar Tanaman (g)	*(b/a/ab/a)	*(c/b/a/a)	tn
12.	Bobot Kering Tanaman (g)	*(b/a/ab/a)	*(c/ab/b/a)	tn
13.	Bobot Basah Biji (g)	tn	*(d/c/b/a)	tn
14.	Bobot Kering Biji (g)	tn	*(b/a/a/a)	tn
15.	Kemanisan Biji (°brix)	tn	tn	tn
16.	Serapan P Brangkasan (mg P/tanaman)	tn	*(b/a/b/ab)	tn
17.	Serapan P Biji (mg P/tanaman)	tn	*(c/b/a/b)	tn

(*) berpengaruh nyata pada taraf 5%: (tn) tidak berpengaruh nyata; (a,b,c,d) superskrip

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan terdapat pengaruh perlakuan jenis biochar terhadap parameter pH tanah, P-tersedia, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman. Pemberian perlakuan dosis pupuk fosfor dapat memberikan pengaruh

terhadap parameter pH tanah, P-tersedia, serapan P (brangkasan), serapan P (biji), tinggi tanaman 70 HST, jumlah daun 70 HST, indeks kehijauan daun, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, bobot basah biji, bobot kering biji, dan bobot basah tongkol per tanaman.

4.5. pH Tanah

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 6 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar dan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter pH tanah. Interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter pH tanah. Hasil analisis pH tanah akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap pH Tanah.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (pH tanah) ----------				
Kontrol	5,58	5,72	5,75	5,79	$5,71^{b}$
Biochar Sekam Padi	5,69	5,93	5,83	5,80	$5,81^{ab}$
Biochar Batang Singkong	5,49	5,81	5,81	5,78	$5,72^{b}$
Biochar Tongkol Jagung	5,61	5,84	5,89	6,03	$5,84^{a}$
Rata-rata	$5,59^{b}$	$5,83^{a}$	$5,82^{a}$	$5,85^{a}$	5,77

Superskrip berbeda pada baris dan kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter pH tanah pada perlakuan B3 (biochar tongkol jagung) dari B0 (kontrol) dan B2 (biochar batang singkong), tetapi tidak berbeda nyata dari B1 (biochar sekam padi). Hal ini diduga disebabkan oleh adanya perbedaan bahan baku yang digunakan sebagai biochar diduga menghasilkan karakteristik kimia yang berbeda sehingga kemampuan masing-

masing bahan baku dalam memodifikasi reaksi tanah berbeda, akan tetapi kontribusi senyawa alkalis, kation basa, dan gugus fungsional permukaan tidak diukur secara langsung pada penelitian ini. Menurut Aswiguna *et al*. (2022) adanya variasi peningkatan nilai pH tanah diduga oleh tingginya kandungan kation-kation basa serta kandungan abu pada jenis bahan baku dan suhu pirolisis. Mekanisme peningkatan pH tanah melalui pemberian biochar ini juga terjadi karena senyawa alkali dan gugus fungsional bermuatan negatif seperti gugus karboksil dan hidroksil yang ada pada permukaan biochar. Menurut Solfianti *et al*. (2021) biochar berfungsi efektif sebagai amelioran organik yang bersifat basa saat diaplikasikan, sehingga mineral pada permukaan dan oksida-oksida basa mengalami disosiasi yang mampu mengikat ion aluminium (Al^{3+}) dan hidrogen (H^{+}) bebas.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter pH. Perlakuan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}), P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}), dan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}) tidak berbeda nyata satu sama lain dan menghasilkan pH yang lebih tinggi daripada P0 (0 kg SP-36 ha^{-1}). Hal ini diduga disebabkan karena penyerapan unsur P pada pupuk oleh oksida Fe dan Al berkurang seiring dengan meningkatnya pH di dalam tanah. Menurut Janu dan Mutiara (2021) apabila pH tanah meningkat maka aktivitas Fe dan Al akan menurun, sehingga adsorpsi berkurang dan konsentrasi P larutan meningkat. Pengaruh pupuk P terhadap pH tanah mengindikasikan adanya dinamika reaksi kimia dan perubahan aktivitas kation atau anion di dalam larutan tanah, serta penambahan ion fosfat ($H_2PO_4^{-}$) berpotensi menekan kemasaman tanah, tetapi mekanisme tersebut tidak diukur secara langsung. Menurut Kaya (2018) peningkatan pH tanah pada perlakuan pupuk

P diduga dapat berkaitan dengan adanya perubahan reaksi tanah setelah pengaplikasian pupuk dan dinamika Al atau Fe.

4.6. P-Tersedia (ppm P)

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 7 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar dan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter P-tersedia. Interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter P-tersedia. Hasil analisis P-tersedia akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap P-Tersedia.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (ppm P) ----------				
Kontrol	10,33	35,67	34,21	38,55	$29,69^{b}$
Biochar Sekam Padi	14,71	37,25	40,15	40,48	$33,15^{a}$
Biochar Batang Singkong	13,88	37,28	38,24	39,55	$32,24^{a}$
Biochar Tongkol Jagung	15,87	38,44	36,10	41,88	$33,07^{a}$
Rata-rata	$13,70^{c}$	$37,16^{b}$	$37,17^{b}$	$40,11^{a}$	32,04

Superskrip berbeda pada baris dan kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$)

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter P-tersedia, namun B1 (biochar sekam padi), B3 (biochar tongkol jagung) dan B2 (biochar batang singkong) tidak berbeda nyata satu sama lain, tetapi seluruhnya lebih tinggi daripada B0 (kontrol) . Hal ini diduga disebabkan karena biochar secara alami sudah mengandung fosfor dari bahan baku asalnya yang perlahan-lahan ikut terlepas ke dalam tanah setelah diaplikasikan. Menurut Sirait *et al*. (2020) pengaplikasian biochar secara nyata

dapat meningkatkan ketersediaan fosfor di dalam tanah melalui modifikasi pH tanah yang mengurangi pengikatan P oleh logam Al dan Fe, serta melalui sumbangan langsung dari kandungan fosfor yang terdapat di dalam pori-pori biochar. Struktur biochar yang berpori-pori dan memiliki permukaan yang besar juga membantu untuk menjaga agar fosfor yang sudah terlepas tidak mudah hanyut atau hilang terbawa oleh air. Menurut Firnia (2018) luas permukaan biochar yang tinggi mampu meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan unsur hara, sehingga menekan pencucian fosfat dan secara konsisten menjaga ketersediaan P bebas di dalam larutan tanah bagi tanaman.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter P-tersedia. Perlakuan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan P-tersedia tertinggi, sedangkan P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}), P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}) tidak berbeda nyata satu sama lain tetapi keduanya lebih tinggi daripada P0 (0 kg SP-36 ha^{-1}), sehingga peningkatan P-tersedia tidak sepenuhnya linier pada setiap kenaikan dosis yang diuji. Hal ini diduga disebabkan karena aplikasi pupuk fosfor secara langsung dapat menambah jumlah hara fosfat ke dalam larutan tanah, sehingga semakin tinggi dosis pupuk P yang diberikan maka jumlah fraksi fosfor larut yang siap digunakan oleh tanaman juga akan semakin meningkat. Menurut Solihin *et al*. (2019a) aplikasi pupuk fosfor secara konvensional akan langsung meningkatkan konsentrasi ortofosfat dalam larutan tanah, sehingga mampu menaikkan status P-tersedia yang dapat diserap oleh perakaran tanaman. Sebagian besar pupuk P yang diberikan ke dalam tanah akan mengalami pengikatan atau fiksasi oleh logam tanah, sehingga pemberian dosis yang tepat dan lebih tinggi kemungkinan mampu meningkatkan

fraksi P yang tersisa. Menurut Nurida *et al*. (2017) peningkatan dosis pupuk P secara bertahap diduga meningkatkan fraksi P yang tetap berada dalam bentuk tersedia, sehingga dapat diserap secara optimal oleh tanaman.

4.7. KTK (cmol(+) kg^{-1})

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar, dosis pupuk fosfor, dan interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter KTK. Hasil analisis KTK akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap KTK.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (cmol(+) kg-1) ----------				
Kontrol	15,03	14,48	11,94	12,49	13,49
Biochar Sekam Padi	13,63	15,70	13,84	16,07	14,81
Biochar Batang Singkong	11,50	16,04	16,18	16,20	14,98
Biochar Tongkol Jagung	14,95	14,66	14,48	16,53	15,16
Rata-rata	13,78	15,22	14,11	15,32	14,61

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter KTK. Hal ini diduga disebabkan karena biochar yang baru diaplikasikan ke dalam tanah masih bersifat pasif untuk meningkatkan KTK tanah dan biochar sangat bergantung pada pembentukan gugus fungsional bermuatan negatif di permukaannya. Menurut Arman *et al*. (2020) biochar yang baru diaplikasikan kemungkinan memiliki kerapatan gugus fungsional yang masih rendah, sehingga kemampuan untuk meningkatkan KTK tanah secara signifikan baru akan terlihat setelah biochar

mengalami proses oksidasi permukaan dalam jangka panjang. Sifat dasar kestabilan struktur karbon yang tinggi pada semua jenis biochar tidak mudah terurai dalam waktu singkat, sehingga kontribusi senyawa organik dari jenis biochar terhadap penambahan muatan negatif tanah diindikasikan masih berada pada tingkat yang relatif sama. Menurut Nurida *et al*. (2017) sifat biochar yang sangat stabil dapat menyebabkan perubahan sifat kimia tanah seperti KTK berlangsung secara lambat, sehingga dalam jangka pendek aplikasi berbagai jenis bahan baku biochar sering kali belum menunjukkan perbedaan kapasitas retensi kation yang kontras sebelum terjadinya modifikasi permukaan biochar secara intensif oleh lingkungan tanah.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter KTK. Hal ini diduga disebabkan karena pupuk fosfor yang diaplikasikan hanya menyumbangkan ion fosfat yang merupakan anion bukan kation, sehingga ion fosfat ini akan diserap oleh tanaman atau diikat oleh logam tanah. Menurut Firnia (2018) kapasitas tukar kation adalah sifat fisikokimia tanah yang dikendalikan oleh jumlah fraksi liat dan kandungan bahan organik tanah, sehingga penambahan pupuk makro anorganik seperti pupuk P hanya memengaruhi konsentrasi hara spesifik di dalam larutan tanah dan tidak memodifikasi kapasitas total serapan kation pada koloid tanah. Aplikasi pupuk fosfor tunggal juga tidak memberikan tambahan senyawa karbon organik yang dapat merangsang pembentukan humus baru. Menurut Putri *et al*. (2017) perubahan KTK tanah umumnya membutuhkan pasokan bahan yang kaya akan gugus fungsional karboksil dan fenolik, karena pupuk fosfor murni tidak mengandung komponen organik.

4.8. Tinggi Tanaman 70 HST (cm)

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 9 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter tinggi tanaman 70 HST. Perlakuan jenis biochar dan interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter tinggi tanaman 70 HST. Hasil analisis tinggi tanaman 70 HST akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Tinggi Tanaman 70 HST.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (cm) ----------				
Kontrol	146,33	243,67	227,00	223,00	210,00
Biochar Sekam Padi	170,67	199,00	241,33	231,67	210,67
Biochar Batang Singkong	167,67	220,67	219,00	230,00	209,33
Biochar Tongkol Jagung	186,67	201,33	237,33	236,33	215,42
Rata-rata	167,83[b]	216,17[a]	231,17[a]	230,25[a]	211,35

Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter tinggi tanaman 70 HST karena semua jenis biochar yang diuji terbuat dari bahan organik yang telah mengalami pirolisis tinggi, pori-pori dan gugus fungsional di permukaannya masih bersifat pasif, sehingga mengakibatkan kontribusi langsung dari jenis biochar dalam melepaskan hara untuk memacu tinggi tanaman masih berada pada tingkat yang sama-sama rendah. Menurut Melati *et al*. (2020) sifat biochar yang sangat

stabil menyebabkan pengaruhnya terhadap perubahan sifat kimia tanah dan stimulasi pertumbuhan tanaman vegetatif berjalan lambat. Respon tinggi tanaman ini juga dapat disebabkan oleh belum terjadinya perubahan sifat fisik tanah secara masif, seperti peningkatan kapasitas menahan air atau perbaikan aerasi tanah secara kontras di antara jenis biochar. Menurut Putri *et al*. (2017) fungsi utama biochar pada awal aplikasi baru sebatas sebagai pembenah fisik pasif, sehingga belum mampu bertindak sebagai stimulator pertumbuhan vertikal yang membedakan satu perlakuan dengan perlakuan lainnya.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter tinggi tanaman 70 HST, tetapi pada seluruh perlakuan dosis pupuk fosfor P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}), P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}), dan P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}) tidak berbeda nyata satu sama lain dan menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol (P0). Hal ini diduga disebabkan karena fosfor adalah komponen esensial dalam pembentukan senyawa kaya energi seperti ATP, asam nukleat, dan fosfolipid sehingga kecukupan P mendukung transfer energi, pembelhan sel, dan perkembangan jaringan meristem. Menurut Hawayanti *et al*. (2020) fosfor sangat vital pada awal fase vegetatif untuk mendukung pembelahan sel dan perkembangan jaringan meristem, sehingga kecukupan hara P yang diserap oleh tanaman akan memicu pertambahan tinggi tanaman. Terpenuhinya kebutuhan P di tanah mampu merangsang perkembangan volume akar menjadi lebih luas dan dalam untuk memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menyerap air dan hara makro. Menurut Firnia (2018) pertumbuhan akar yang responsif terhadap pasokan P yang memadai akan meningkatkan efisiensi

penyerapan hara dan air secara keseluruhan, sehingga meningkatkan ekspansi t 42
dan pertambahan tinggi tanaman.

4.9. Jumlah Daun 70 HST (helai)

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 10 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter jumlah daun 70 HST. Perlakuan jenis biochar dan interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter jumlah daun 70 HST. Hasil analisis jumlah daun 70 HST akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Jumlah Daun 70 HST

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (helai) ----------				
Kontrol	7,67	12,33	10,00	12,00	10,50
Biochar Sekam Padi	9,33	11,00	11,33	12,00	10,92
Biochar Batang Singkong	9,00	12,67	11,33	13,00	11,50
Biochar Tongkol Jagung	9,00	12,33	12,33	12,67	11,58
Rata-rata	$8,75^{b}$	$12,08^{a}$	$11,25^{a}$	$12,42^{a}$	11,13

Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter jumlah daun 70 HST. Hal ini diduga disebabkan karena variasi jenis biochar pada satu musim tanam belum menghasilkan respon tajuk yang berbeda nyata, serta seluruh perlakuan mampu menerima dosis urea yang sama, sehingga kontribusi langsung N dari biochar terhadap pembentukan daun tidak dapat dipisahkan dari pengaruh pemupukan dasar. Menurut Sholihah *et al*. (2025) aplikasi biochar segar sering tidak mengubah

laju pertumbuhan organ daun secara signifikan pada musim tanam pertama yang disebabkan oleh sifat matriks karbon biochar yang cenderung menahan hara secara kuat daripada melepaskan ke larutan tanah dalam jangka pendek. Pembentukan jumlah daun juga berjalan beriringan dengan kecepatan pembentukan tinggi tanaman dan jumlah buku batang. Menurut Rosnina *et al*. (2021) jenis bahan baku biochar memiliki dampak yang relatif sama terhadap parameter arsitektur tajuk vegetatif tanaman jika pengaplikasiannya secara tunggal pada tanah yang memiliki kekurangan hara makro.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter jumlah daun 70 HST, tetapi pada seluruh perlakuan dosis pupuk fosfor P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}), P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}), dan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}) tidak berbeda nyata satu sama lain dan menghasilkan pertumbuhan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan kontrol (P0). Hal ini diduga disebabkan karena ketersediaan unsur P yang tinggi dapat mempercepat laju pembelahan dan diferensiasi sel pada jaringan meristem pucuk yaitu tempat primordia daun dibentuk. Menurut Nisfuriah *et al*. (2020) fosfor adalah pemicu utama dalam transfer energi seluler, sehingga dapat berperan dalam meningkatkan laju kemunculan daun, dan mendorong luas permukaan daun secara keseluruhan. Penambahan jumlah daun juga didorong oleh perkembangan sistem perakaran yang optimal akibat pasokan P yang memadai, sehingga akar yang responsif mampu menyerap air dan unsur hara pelengkap secara maksimal dan mampu merangsang pembentukan klorofil dan protein daun. Menurut Aswiguna *et al*. (2022) pupuk fosfor yang optimal sangat penting untuk menjaga keseimbangan pertumbuhan

organ atas (tajuk) dan bawah (akar) tanaman dengan jumlah pasokan P yang mencukupi kebutuhan rizosfer dapat memperbanyak jumlah buku batang dan meningkatkan jumlah daun yang terbentuk sebagai organ penangkap cahaya matahari.

4.10. Indeks Kehijauan Daun 70 HST

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 11 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter indeks kehijauan daun 70 HST. Perlakuan jenis biochar dan interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter indeks kehijauan daun 70 HST. Hasil analisis indeks kehijauan daun 70 HST akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Indeks Kehijauan Daun 70 HST.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (kehijauan daun) ----------				
Kontrol	39,40	45,60	52,60	55,00	48,15
Biochar Sekam Padi	43,93	52,07	54,90	48,50	49,85
Biochar Batang Singkong	39,93	56,03	51,37	50,40	49,43
Biochar Tongkol Jagung	44,47	54,87	54,17	57,63	52,78
Rata-rata	$41,93^{b}$	$52,14^{a}$	$53,26^{a}$	$52,88^{a}$	50,05

Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter indeks kehijauan daun 70 HST karena kemampuan biochar dalam melepaskan hara bawaan atau menahan nitrogen di dalam tanah masih berada pada tingkat keefektifan yang setara di semua

perlakuan jenis biochar, sehingga menghasilkan warna hijau daun yang seragam. Menurut Widyantika dan Prijono (2019) biochar berperan sebagai pembenah fisik tanah dalam jangka panjang daripada sebagai sumber hara nitrogen instan untuk pembentukan klorofil daun, sehingga perlakuan biochar tunggal membutuhkan pengayaan dari unsur hara lain yang berasal dari pupuk organik atau anorganik lainnya. Sebelum biochar mengalami proses karboksilasi, karakteristik kimia rizosfer di setiap perlakuan jenis biochar belum terdiferensiasi dengan cukup kuat untuk mengubah laju penyerapan hara pembentuk klorofil oleh akar tanaman. Menurut Sholihah *et al*. (2025) dampak biochar terhadap pasokan nutrisi tanaman sangat ditentukan oleh tingkat kematangan interaksinya dengan matriks tanah untuk memperlihatkan perbedaan yang signifikan terhadap status hara daun maupun kerapatan klorofil (kehijauan daun).

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter indeks kehijauan daun 70 HST. Perlakuan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}), P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}), dan P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan nilai kehijauan lebih tinggi dibandingkan P0 (0 kg SP-36 ha^{-1}) dan tidak berbeda nyata satu sama lain. Hal ini diduga disebabkan oleh pengaruh P terhadap kehijauan daun yang kemungkinan bersifat tidak langsung melalui dukungan terhadap metabolisme energi dan perkembangan akar, karena kandungan klorofil maupun N daun tidak diukur secara langsung. Menurut Sholihah *et al*. (2025) kecukupan hara fosfor sangat krusial untuk menjaga struktur kloroplas dan kelancaran siklus transfer energi selama fotosintesis, sehingga secara tidak langsung dapat mendukung sintesis protein fungsional di daun, yang mampu mempercepat pembentukan dan stabilitas pigmen

klorofil pembentuk warna hijau daun. Pemberian dosis pupuk P yang memadai juga dapat memicu perkembangan sistem perakaran yang luas dan aktif. Menurut Melati *et al*. (2020) pupuk fosfor yang tepat pada tanah dengan kapasitas fiksasi tinggi sangat penting untuk mengoptimalkan efisiensi penyerapan nutrisi secara keseluruhan, sehingga bagian akar tanaman dapat meningkatkan kapasitas kerja akar dalam menyerap air dan hara penunjang vegetatif dengan baik.

4.11. Jumlah Tongkol per Tanaman (tongkol)

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 12 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar, dosis pupuk fosfor serta interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter jumlah tongkol per tanaman. Hasil analisis jumlah tongkol per tanaman akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Jumlah Tongkol per Tanaman.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (tongkol) ----------				
Kontrol	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Biochar Sekam Padi	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Biochar Batang Singkong	1,00	1,00	1,00	1,33	1,08
Biochar Tongkol Jagung	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Rata-rata	1,00	1,00	1,00	1,08	1,02

Berdasarkan Tabel 10 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar berpengaruh tidak nyata terhadap parameter jumlah tongkol per tanaman. Rata-rata jumlah tongkol yang dihasilkan pada penelitian ini sangat seragam pada seluruh

unit percobaan, yaitu berkisar antara 1,00-1,08 tongkol/tanaman. Variasi data yang sangat rendah ini membatasi kemampuan analisis untuk mendeteksi perbedaan perlakuan, sehingga tidak adanya pengaruh nyata lebih mencerminkan keseragaman respon jumlah tongkol pada kondisi penelitian. Hal ini diduga disebabkan karena secara fisiologis, pembentukan jumlah tongkol per tanaman pada dasarnya dipengaruhi oleh sifat genetik dari varietas jagung yang digunakan, sehingga pembentukan tongkol tanaman akan kembali mengikuti batas ekspresi genetik dasarnya. Menurut Mardiyan *et al*. (2024) aplikasi biochar tanpa pengayaan nutrisi atau kombinasi pupuk yang tepat tidak mampu mengubah parameter organ reproduktif utama yang dikontrol secara genetik pada musim tanam pertama, sehingga biochar membutuhkan masa inkubasi dan interaksi biologis yang lama di dalam tanah untuk memengaruhi inisiasi organ reproduktif. Terbentuk dan berkembangnya tongkol sekunder juga sangat bergantung pada tingkat kompetisi antarorgan di dalam tanaman. Menurut Putri *et al*. (2017) jika kondisi kesuburan kimiawi tanah akibat pemberian berbagai jenis biochar berada dalam taraf moderat yang setara, asimilat hasil fotosintesis akan diprioritaskan penuh untuk membesarkan tongkol utama (*primary sink*) daripada memicu perkembangan tongkol sekunder.

Perlakuan dosis pupuk fosfor juga berpengaruh tidak nyata terhadap parameter jumlah tongkol per tanaman. Hal ini diduga disebabkan karena ketika pemberian dosis pupuk P yang ditingkatkan melebihi batas kebutuhan minimum inisiasi organ, maka tambahan energi dan hara P tidak dialokasikan untuk memperbanyak jumlah tongkol, melainkan untuk mengoptimalkan ukuran,

pengisian biji, dan bobot dari tongkol utama yang sudah ada. Menurut Saragih *et al*. (2022) ketersediaan hara makro seperti fosfor yang mencukupi tidak selalu menambah bagian pada organ reproduktif, tetapi lebih berfokus pada peningkatan efisiensi organ *sink* yang sudah terbentuk. Inisiasi dan pembentukan tongkol sekunder memerlukan pasokan hara makro serta dorongan fisiologis yang melampaui potensi genetik dasarnya. Menurut Nurida *et al*. (2017) pupuk fosfor berperan penting dalam meningkatkan kualitas dan kematangan organ reproduktif, namun penambahan dosis P di atas kecukupan tanah berfungsi untuk mengoptimalkan kualitas serta kematangan tongkol utama.

4.12. Bobot Basah Tongkol per Tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 13 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter bobot basah tongkol per tanaman. Perlakuan jenis biochar dan interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter bobot basah tongkol per tanaman. Hasil analisis bobot basah tongkol per tanaman akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Basah Tongkol per Tanaman.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (g) ----------				
Kontrol	153,77	160,25	170,74	181,27	166,51
Biochar Sekam Padi	154,19	164,17	175,93	188,03	170,58
Biochar Batang Singkong	143,82	159,94	176,28	187,42	166,86
Biochar Tongkol Jagung	149,67	165,34	175,52	187,68	169,55
Rata-rata	150,36^{d}	162,43^{c}	174,62^{b}	186,10^{a}	168,38

Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 11 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter bobot basah tongkol per tanaman. Hal ini diduga disebabkan karena kondisi pori-pori dan permukaan dari berbagai jenis biochar yang belum mengalami pelapukan biologi dan kimia oleh mikroba tanah, sehingga kapasitas pelepasan hara secara langsung untuk menyuplai pembesaran tongkol pada seluruh perlakuan jenis biochar berada pada tingkat yang sama. Menurut Saragih *et al*. (2022) biochar yang baru diaplikasikan masih memiliki tingkat mineralisasi yang sangat lambat sehingga sifat biochar masih tergolong pasif dalam melepaskan unsur hara esensial ke larutan tanah di dalam siklus pertumbuhan tanaman. Tidak adanya perbedaan retensi air dan pasokan hara yang tajam di daerah perakaran selama fase reproduktif, arus translokasi air dan asimilat menuju organ tongkol berjalan dengan tingkat efisiensi yang seragam. Menurut Verdiana *et al*. (2016) jenis bahan baku biochar sering memberikan pengaruh yang relatif sama terhadap bobot komponen hasil panen jika tidak terdapat dorongan pelepasan cepat dari unsur hara lainnya.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap parameter bobot basah tongkol per tanaman, dengan respon peningkatan berjenjang (P0<P1<P2<P3). Bobot basah tongkol tertinggi dicapai pada perlakuan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}), lalu diikuti dengan perlakuan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}), P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}), dan terendah pada P0 (0 kg SP-36 ha^{-1}). Hal ini diduga disebabkan karena fosfor merupakan penyusun senyawa transfer energi seperti ATP yang mampu memicu pembelahan dan pembesaran sel-sel tongkol, sehingga tongkol berkembang lebih padat dan menampung cairan sel yang nyata lebih berat

saat pengisian biji. Menurut Hawayanti *et al*. (2020) ketersediaan unsur hara P yang optimal dapat meningkatkan energi seluler untuk pembentukan struktur organ reproduktif yang lebih besar dan berbobot. Pola meningkatnya hasil biomassa tongkol pada penelitian ini searah dengan peningkatan P-tersedia pada perlakuan dosis P, meskipun hubungan kausal antarparameter tidak diuji secara langsung. Menurut Firnia (2018) pasokan P yang memadai di daerah sekitar rizosfer tanah dapat mendukung akar dalam melakukan proses penyerapan nutrisi dan air untuk memaksimalkan pertumbuhan serta bobot basah organ generatif tanaman.

4.13. Panjang Tongkol

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 14 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar, dosis pupuk fosfor serta interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter panjang tongkol. Hasil analisis panjang tongkol akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Panjang Tongkol.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (cm) ----------				
Kontrol	20,67	20,67	20,67	20,33	20,58
Biochar Sekam Padi	21,33	20,33	21,00	22,00	21,17
Biochar Batang Singkong	19,67	18,67	20,00	21,33	19,92
Biochar Tongkol Jagung	20,33	21,67	23,33	21,00	21,58
Rata-rata	20,50	20,33	21,25	21,17	20,81

Berdasarkan Tabel 12 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter panjang tongkol. Hal ini diduga disebabkan karena bahan baku pembentuk biochar yang diaplikasikan belum mampu memberikan perbedaan stimulasi terhadap pemanjangan sumbu tongkol selama fase perkembangan organ reproduktif. Menurut Putri *et al*. (2017) pengaplikasian biochar terhadap tanah dan tanaman membutuhkan suplai unsur hara makro siap serap yang tinggi yang mampu berperan dalam pembentukan dinding sel baru dan sintesis jaringan serta untuk memicu pemanjangan sumbu tongkol tanaman mengikuti batas potensi genetik dasarnya. Perlakuan jenis biochar pada proses pemanjangan tongkol juga membutuhkan masa pembentukan yang lama, sehingga laju pembentangan sel pada organ tongkol menghasilkan rata-rata panjang yang seragam. Menurut Pratama *et al*. (2024) variasi bahan baku biochar memberikan perbaikan pada sifat fisik dan kimia tanah dalam jangka yang panjang, namun memberikan respon yang relatif berbeda terhadap parameter ukuran hasil tanaman, sehingga selama periode kritis pemanjangan tongkol, perlakuan belum menghasilkan perubahan panjang tongkol yang dapat dibedakan secara statistik.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter panjang tongkol. Hal ini diduga disebabkan karena dimensi panjang tongkol dikontrol kuat oleh faktor genetik tanaman (varietas) dan ditentukan pada fase vegetatif akhir (inisiasi kelobot dan calon tongkol), sehingga tambahan fosfor yang diserap tanaman pada fase generatif lebih banyak dialokasikan untuk memacu pengisian biji. Menurut Sirait *et al*. (2020) sifat morfologi seperti panjang organ reproduktif berada di bawah kendali kontrol genetik yang relatif ketat, sehingga

ketika ambang batas ketersediaan hara P untuk pembentukan struktur sel telah tercapai, maka penambahan P tidak lagi meningkatkan dimensi panjang organ. Tingkat penyerapan hara oleh akar tanaman yang berada pada taraf efisiensi yang konstan tidak akan memicu diferensiasi pembentangan sel pada sumbu tongkol antar perlakuan. Menurut Wahyudin *et al*. (2017) peningkatan dosis P pada setiap rentang tertentu belu dapat dipastikan mampu menghasilkan perubahan panjang tongkol yang dapat dibedakan secara statistik.

4.14. Diameter Tongkol

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 15 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar, dosis pupuk fosfor serta interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter diameter tongkol. Hasil analisis diameter tongkol akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Diameter Tongkol.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (cm) ----------				
Kontrol	3,88	3,69	3,88	4,18	3,91
Biochar Sekam Padi	3,98	4,16	4,35	3,83	4,08
Biochar Batang Singkong	3,90	4,02	4,02	4,10	4,01
Biochar Tongkol Jagung	3,97	4,24	4,09	4,12	4,10
Rata-rata	3,93	4,03	4,09	4,06	4,03

Berdasarkan Tabel 13 dapat diketahui bahwa faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap diameter tongkol. Hal ini diduga

disebabkan karena perbedaan karakteristik biochar yang digunakan belum mampu meningkatkan penyerapan unsur hara secara optimal selama fase pembentukan tongkol. Menurut Tarigan dan Nelvia (2020) biochar hanya mengandung sedikit unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman karena fungsi utamanya adalah sebagai pembenah tanah dan bukan sebagai sumber hara tanaman. Biochar umumnya memerlukan waktu inkubasi yang cukup lama agar proses pembentukan gugus fungsi bermuatan negatif dan pelapukan dapat terjadi secara optimal. Menurut Janu dan Mutiara (2021) proses inkubasi di dalam tanah memungkinkan biochar teroksidasi dan berinteraksi dengan matriks tanah, sehingga mampu menyediakan hara bagi pertumbuhan serta pembesaran organ reproduktif tanaman.

Perlakuan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter diameter tongkol. Hal ini diduga disebabkan karena diameter tongkol kurang responsif terhadap perlakuan dibandingkan beberapa komponen hasil lainnya, sehingga peningkatan dosis pupuk belum cukup menghasilkan perbedaan diameter tongkol secara statistik. Menurut Aswiguna *et al*. (2022) efisiensi pemupukan fosfor pada tanaman semusim umumnya sangat rendah karena sebagian besar P yang diaplikasikan langsung mengalami retensi atau fiksasi oleh mineral tanah, sehingga tidak tersedia bagi tanaman selama fase pertumbuhan kritis. Pertumbuhan diameter tongkol juga bergantung pada kemampuan tanaman dalam mentranslokasikan hasil fotosintesis. Menurut Rosalina dan Nirwanto (2021) saat serapan unsur hara makro seperti fosfor telah mencapai ambang batas kecukupan untuk mendukung proses metabolisme dasar tanaman, penambahan dosis hara tidak lagi memberikan respons pertumbuhan fisik yang nyata, sehingga perkembangan

organ reproduktif akan lebih didominasi oleh kontrol genetik setiap varietas.

4.15. Bobot Segar Tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 16 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar dan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter bobot segar tanaman. Interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter bobot segar tanaman. Hasil analisis bobot segar tanaman akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Segar Tanaman.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (g) ----------				
Kontrol	301,92	365,34	385,97	384,60	359,46^{b}
Biochar Sekam Padi	364,45	371,87	422,60	461,19	405,03^{a}
Biochar Batang Singkong	338,66	377,44	398,31	435,12	387,38^{ab}
Biochar Tongkol Jagung	336,65	386,33	412,42	428,84	391,06^{a}
Rata-rata	335,42^{c}	375,25^{b}	404,83^{a}	427,44^{a}	385,73

Superskrip berbeda pada baris dan kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$)

Berdasarkan Tabel 14 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter bobot segar tanaman. Perlakuan B1 (biochar sekam padi) dan B3 (biochar tongkol jagung) menghasilkan bobot segar tanaman tertinggi tetapi tidak berbeda nyata satu sama lain, lalu B2 (biochar batang singkong) berada pada kelompok antara (ab) sehingga tidak berbeda nyata dari B1, B3, serta B0. Hal ini diduga disebabkan karena perbedaan bobot segar antarjenis biochar menunjukkan bahwa sifat biochar dapat memengaruhi kondisi edia dan pertumbuhan tanaman, meskipun porositas, luas permukaan, dan retensi

air biochar tidak diukur pada penelitian ini. Menurut Putri *et al*. (2017) variasi jenis bahan baku biochar memiliki pengaruh yang baik terhadap sifat fisik tanah yang secara langsung mampu mendukung penyerapan air untuk meningkatkan bobot segar tanaman. Beberapa jenis biochar tertentu diduga memiliki kandungan unsur hara bawaan yang lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya, sehingga saat diaplikasikan pelepasan mineral dari jenis biochar yang kaya nutrisi ini mampu menstimulasi perkembangan volume akar secara lebih masif. Menurut Sirait *et al*. (2020) jenis biochar yang mampu menekan fiksasi hara dan melepaskan kation bermanfaat secara lebih efektif akan menghasilkan peningkatan serapan hara yang lebih tinggi dan akan terlihat dari peningkatan bobot basah biomassa tanaman.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter bobot segar tanaman. Perlakuan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}) dan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan bobot segar tanaman tertinggi dan tidak berbeda nyata satu sama lain, serta keduanya lebih tinggi daripada P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}) dan P0 (0 kg SP-36 ha^{-1}). Hal ini diduga disebabkan karena fosfor berperan sebagai pemasok energi (ATP) yang dibutuhkan dalam proses pembelahan dan pembesaran sel-sel baru pada batang dan daun sehingga suplai energi ini memungkinkan sel-sel tanaman dapat mengalami ekspansi volume secara maksimal. Menurut Aswiguna *et al*. (2022) ketersediaan fosfor yang optimal dapat mendukung transfer energi, pembelahan sel, perkembangan akar, dan metabolisme yang berkontribusi pada pembentukan biomassa segar tanaman. Peningkatan dosis pupuk P dapat menstimulasi pertumbuhan sistem perakaran yang lebih luas dan dalam sehingga mempermudah tanaman untuk mengabsorpsi air serta unsur hara makro lainnya. Menurut

Hawayanti *et al*. (2020) peningkatan serapan air dan nutrisi yang difasilitasi oleh perkembangan akar yang responsif terhadap fosfor secara langsung dapat memperbanyak cairan sel dan memperluas tajuk pada tanaman.

4.16. Bobot Kering Tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 17 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar dan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter bobot kering tanaman. Interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter bobot kering tanaman. Hasil analisis bobot kering tanaman akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Kering Tanaman.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (g) ----------				
Kontrol	79,18	89,17	85,86	85,59	$84,95^{b}$
Biochar Sekam Padi	82,31	90,31	92,02	104,08	$92,18^{a}$
Biochar Batang Singkong	79,96	84,89	85,13	97,13	$86,78^{ab}$
Biochar Tongkol Jagung	78,91	95,78	95,33	98,53	$92,14^{a}$
Rata-rata	$80,09^{c}$	$90,04^{ab}$	$89,59^{b}$	$96,33^{a}$	89,01

Superskrip berbeda pada baris dan kolom rata-rata menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$)

Berdasarkan Tabel 15 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter bobot kering tanaman. Perlakuan B1 (biochar sekam padi) dan B3 (biochar tongkol jagung) menghasilkan rataan bobot kering tanaman lebh tinggi daripada B0 (kontrol), sedangkan perlakuan B2 (biochar batang singkong) berada pada kelompok antara ab. Hal ini diduga

disebabkan karena karakteristik fisikokimia biochar yang kemungkinan mampu menyerap serta menahan kation-kation hara esensial di dalam zona rizosfer dari pencucian tanah. Menurut Widyantika dan Prijono (2019) peningkatan retensi hara oleh jenis biochar tertentu dapat memberikan pasokan nutrisi yang berkelanjutan bagi tanaman, yang secara langsung berkorelasi positif dengan akumulasi bobot kering tanaman. Jenis biochar yang kaya akan mineral basa mampu menetralkan toksisitas Al^{3+} di dalam larutan tanah secara lebih aktif. Menurut Melati *et al*. (2020) variasi bahan baku dan suhu pirolisis biochar juga dapat menentukan sifat fisikokimia permukaan karbon yang terbentuk, yang akan berdampak langsung terhadap kapasitas perbaikan struktur tanah dan stimulasi pertumbuhan akar, sehingga dapat memicu laju asimilasi karbon yang lebih tinggi dan mampu meningkatkan bobot kering biomassa tanaman.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter bobot kering tanaman. Perlakuan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan rerata bobot kering tanaman tertinggi yang berbeda nyata dengan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}) dan P0 (0 kg SP-36 ha^{-1}), tetapi tidak berbeda nyata dengan P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}). Hal ini diduga disebabkan karena fosfor merupakan komponen struktur penting dari ATP yang berperan sebagai pemasok energi tanaman dan metabolisme yang diperlukan dalam fotosintesis serta akumulasi hasil asimilasi menjadi biomassa kering. Menurut Nisfuriah *et al*. (2020) fosfor yang diserap tanaman dalam bentuk fosfat berperan dalam ATP, asam nukleat, dan fosfolipid, sehingga mendukung metabolisme dan akumulasi biomassa kering. Sistem perakaran yang kokoh dan luas juga dapat meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara sehingga proses

pembentukan bahan kering berjalan secara maksimal. Menurut Wahyudin *et al*. (2017) peningkatan ketersediaan hara di zona perakaran dapat memicu pertumbuhan akar yang responsif, yang dapat mendukung efisiensi serapan nutrisi dan menghasilkan peningkatan bobot kering biomassa.

4.17. Bobot Basah Biji

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 18 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter bobot basah biji. Perlakuan jenis biochar dan interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter bobot basah biji. Hasil analisis bobot basah biji akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Basah Biji.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (g) ----------				
Kontrol	62,61	78,30	85,10	86,07	78,02
Biochar Sekam Padi	64,40	79,71	84,17	86,36	78,66
Biochar Batang Singkong	64,71	79,45	83,67	88,87	79,17
Biochar Tongkol Jagung	63,34	75,99	85,35	88,63	78,33
Rata-rata	$63,77^{d}$	$78,36^{c}$	$84,57^{b}$	$87,48^{a}$	78,55

Superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P<0,05$)

Berdasarkan Tabel 16 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter bobot basah biji. Hal ini diduga disebabkan karena variasi bahan baku pembentuk biochar yang diaplikasikan belum memberikan dorongan diferensial yang kontras terhadap akumulasi cairan sel, laju pengisian biji, maupun pembentukan biomassa basah

organ reproduktif tanaman. Menurut Putriani *et al*. (2022) proses aplikasi biochar harus diberikan kombinasi unsur hara lain untuk memberikan pengaruh yang berbeda secara nyata terhadap komponen hasil generatif pada musim tanam pertama. Penyerapan air oleh tanaman yang memengaruhi kadar basah jaringan biji sangat ditentukan oleh perbaikan struktur dan porositas tanah di zona rizosfer. Menurut Pratama *et al*. (2024) setiap jenis bahan baku biochar harus memiliki luas permukaan dan struktur pori-pori bawaan yang berbeda, sehingga peningkatan kapasitas retensi air tanah akan membutuhkan interaksi biologis antara tanah dan biochar dalam jangka waktu yang lebih panjang.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter bobot basah biji. Perlakuan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan bobot basah biji tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}), P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}), dan P0 (0 kg SP-36 ha^{-1}). Hal ini diduga disebabkan karena unsur hara fosfor memegang peranan sentral sebagai komponen penyusun molekul *Adenosine Triphosphate* (ATP) yang bertindak sebagai sumber energi seluler bagi tanaman. Menurut Melati *et al*. (2020) fosfor berperan sangat krusial dalam memfasilitasi translokasi karbohidrat dari organ tempat sintesis (*source*) menuju organ penampung generatif (*sink*), sehingga ketersediaan hara P yang optimal dapat merangsang efisiensi transpor energi seluler untuk pembentukan jaringan biji yang lebih besar dan berbobot. Kecukupan P pada dosis yang diuji juga mendukung proses pembentukan dan pengisian biji, namun mekanisme yang melibatkan translokasi fotoasimilat dan status air tanaman bersifat interpretatif dan tidak diukur secara langsung. Menurut Putriani *et al*. (2022) proses pemberian pupuk fosfor

harus sesuai dan mencukupi pada tanah agar dapat berpotensi terhadap retensi tinggi dalam mempertahankan konsentrasi P larutan pada taraf ideal sepanjang siklus hidup tanaman dalam menjangkau penyerapan air di dalam tanah.

4.18. Bobot Kering Biji

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 19 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter bobot kering biji. Perlakuan jenis biochar dan interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter bobot kering biji. Hasil analisis bobot kering biji akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Bobot Kering Biji.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (g) ----------				
Kontrol	20,60	22,75	22,19	22,95	22,12
Biochar Sekam Padi	20,37	22,93	24,12	21,14	22,14
Biochar Batang Singkong	20,59	20,48	21,37	23,66	21,53
Biochar Tongkol Jagung	20,83	23,25	22,30	23,95	22,58
Rata-rata	$20,60^{b}$	$22,35^{a}$	$22,50^{a}$	$22,93^{a}$	22,09

Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 17 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter bobot kering biji. Hal ini diduga disebabkan karena perbedaan bahan baku biochar yang digunakan belum cukup meningkatkan ketersediaan unsur hara yang berperan langsung dalam proses pengisian biji selama satu musim tanam. Menurut Sirait *et al*. (2020) biochar lebih

berfungsi sebagai pembenah tanah yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, biologi tanah melalui peningkatan kapasitas menahan air, kapasitas tukar kation, serta aktivitas mikroorganisme tanah, sedangkan pengaruhnya terhadap peningkatan hasil tanaman umumnya memerlukan waktu yang lebih lama. Jenis biochar dengan porositas dan luas permukaan yang tinggi mampu meningkatkan kapasitas menahan air dan aerasi tanah secara optimal, sehingga kelembaban tanah akan terjaga dengan baik di area perakaran untuk mencegah terjadinya stres air pada fase reproduktif. Menurut Kurniawan *et al*. (2016) tanah yang tidak mengalami stres air dapat mempertahankan bukaan stomata dan laju fotosintesis tetap tinggi, sehingga pengisian bahan kering ke dalam biji berlangsung maksimal tanpa mengalami pembentukan biji yang tidak terisi sempurna.

Perlakuan dosis pupuk fosfor berpengaruh nyata terhadap parameter bobot kering biji pada seluruh perlakuan dosis pupuk fosfor P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}), P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}), dan P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan bobot kering biji lebih tinggi secara signifikan dibandingkan perlakuan kontrol P0, tetapi antara P1, P2, dan P3 menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata satu sama lain. Hal ini diduga disebabkan karena fosfor mengaktifkan enzim-enzim yang mengubah gula sederhana menjadi molekul pati yang padat di dalam endosperm biji, sehingga biji yang dipanen memiliki bobot kering yang nyata lebih berat. Menurut Melati *et al*. (2020) fosfor berperan penting dalam regulasi sintesis pati dan translokasi fotoasimilat, sehingga secara langsung tanaman mampu meningkatkan bahan kering pada biji. Ketersediaan P yang konsisten ini menjaga fungsi perakaran tetap optimal dalam menyerap hara makro pendukung lain. Menurut Dolsenyawi *et al*.

(2026) pemupukan fosfor dengan dosis yang mencukupi diduga mampu mengoptimalkan laju fotosintesis dan translokasi fotoasimilat menuju organ reproduktif, sehingga akumulasi bahan kering pada biji maksimal.

4.19. Kemanisan Biji

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 20 menunjukkan bahwa perlakuan jenis biochar, dosis pupuk fosfor serta interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter kemanisan biji. Hasil analisis kemanisan biji akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Kemanisan Biji.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (°Brix) ----------				
Kontrol	8,67	8,33	9,00	8,67	8,67
Biochar Sekam Padi	8,67	10,00	9,00	9,33	9,25
Biochar Batang Singkong	8,33	9,00	10,00	10,00	9,33
Biochar Tongkol Jagung	8,67	8,33	9,67	10,67	9,33
Rata-rata	8,58	8,92	9,42	9,67	9,15

Berdasarkan Tabel 18 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter kemanisan biji. Hal ini diduga disebabkan karena efek perbaikan tanah oleh biochar bersifat jangka panjang, sehingga dampaknya belum terlihat secara signifikan dalam satu musim tanam pendek. Menurut Shalsabila *et al*. (2017) biochar lebih tahan terhadap dekomposisi dan stabil dalam tanah, sehingga memiliki pengaruh dalam jangka

waktu yang panjang terhadap perbaikan kualitas kesuburan tanah. Selain itu, biochar lebih berfungsi sebagai pembenah tanah dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Menurut Saragih *et al*. (2022) biochar memiliki kandungan unsur hara yang relatif rendah, sehingga tidak berperan sebagai sumber hara utama bagi tanaman.

Perlakuan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter kemanisan biji. Hal ini diduga disebabkan karena peran utama pupuk fosfor lebih berkaitan dengan perkembangan sistem perakaran, pembelahan sel, transfer energi dalam bentuk ATP, serta pembentukan bunga dan biji. Kadar kemanisan (gula) pada biji lebih dipengaruhi oleh kecukupan unsur hara makro lainnya seperti kalium. Menurut Bustaman *et al*. (2026) unsur hara kalium menentukan tingkat kemanisan buah atau biji dengan mengubah karbohidrat menjadi gula serta berperan dalam pembentukan glukosa dan pati serta translokasi gula. Kadar kemanisan buah atau biji mampu dihasilkan dari bantuan enzim melalui pemecahan karbohidrat. Menurut Solihin *et al*. (2019b) kalium berperan dala regulasi osotik dan transokasi hasil fotosintesis, sehingga secara fisiologis dapat berkaitan dengan akumulasi gula.

4.20. Serapan P Brangkasan

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 21 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter serapan P brangkasan. Perlakuan jenis biochar dan interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor tidak berbeda nyata terhadap parameter serapan P brangkasan. Hasil analisis serapan P brangkasan akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor

disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Serapan P Brangkasan.

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (mg/tanaman) ----------				
Kontrol	51,77	69,45	56,82	52,46	57,63
Biochar Sekam Padi	50,12	69,99	50,69	74,25	61,26
Biochar Batang Singkong	53,04	68,00	67,57	59,35	61,99
Biochar Tongkol Jagung	49,57	76,67	56,72	61,37	61,08
Rata-rata	$51,13^{b}$	$71,03^{a}$	$57,95^{b}$	$61,86^{ab}$	60,49

Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 19 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter serapan P brangkasan. Hal ini diduga disebabkan karena daya ikat (fiksasi) tanah masam yang sangat kuat jauh lebih dominan daripada kemampuan pelepasan hara dari masing-masing jenis biochar yang diberikan. Menurut Agviolita *et al*. (2021) tanah masam dengan kapasitas fiksasi tinggi, maka aplikasi biochar dalam jangka pendek sering gagal untuk mengubah status serapan hara tanaman, karena situs aktif biochar belum sepenuhnya teroksidasi untuk mampu berkompetisi dengan mineral liat tanah dalam menyerap logam pengikat fosfat. Pelepasan hara dari jenis biochar pada fase awal tanam berlangsung secara bertahap, sehingga belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju difusi fosfat. Menurut Rosnina *et al*. (2021) pergerakan hara dari biochar ke jaringan tanaman dikendalikan oleh interaksi zona rizosfer, sehingga kapasitas dalam meningkatkan konsentrasi P pada larutan tanah serta memfasilitasi laju difusi P masih terbatas dan bernilai relatif sama antar perlakuan.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter serapan P brangkasan. Perlakuan P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan serapan P brangkasan tinggi dari P0 (0 kg SP-36 ha^{-1}) dan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}), sedangkan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}) berada pada kelompok antara (ab), sehingga pola ini menunjukkan respon serapan yang tidak linier terhadap dosis P. Hal ini diduga disebabkan karena ketersediaan P di rizosfer, pertumbuhan akar, dan akumulasi P dalam biomassa, Penambahan pupuk P diduga meningkatkan fraksi P yang tersisa tersedia di dalam larutan tanah setelah sebagian ion fosfat memenuhi kompleks jerapan. Menurut Kaya (2018) penambahan pupuk fosfor dalam dosis yang optimal pada tanah masam diduga dapat meningkatkan fraksi P yang tersisa dalam bentuk tersedia, sehingga aktivitas ion P di dalam larutan tanah akan meningkat. Peningkatan serapan P brangkasan ini selaras dengan peningkatan biomassa kering tanaman dengan melalui translokasi unsur P dari pembuluh xilem menuju organ vegetatif atas seperti batang dan daun untuk mendukung proses pembelahan sel dan transfer energi (pembentukan ATP). Menurut Kaya (2018) serapan total hara oleh jaringan tajuk ditentukan oleh ketersediaan hara eksternal di zona perakaran dan kapasitas dorongan aliran massa serta transpirasi tanaman secara lebih luas, sehingga memacu akumulasi konsentrasi P jaringan.

4.21. Serapan P Biji

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Lampiran 22 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk fosfor berbeda nyata terhadap parameter serapan P biji. Perlakuan jenis biochar dan interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor

tidak berbeda nyata terhadap parameter serapan P biji. Hasil analisis serapan P biji akibat faktor jenis biochar dan dosis pupuk fosfor disajikan pada Tabel 20.

Tabel 20. Pengaruh Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor Terhadap Serapan P Biji

Biochar	Pupuk Fosfor (kg SP-36 ha^{-1})				Rata-rata
	0	125	150	175	
	---------- (mg/tanaman) ----------				
Kontrol	70,98	88,58	94,80	84,62	84,74
Biochar Sekam Padi	68,60	88,20	117,29	75,04	87,28
Biochar Batang Singkong	69,71	80,52	101,99	87,03	84,81
Biochar Tongkol Jagung	70,72	92,10	107,53	84,86	88,80
Rata-rata	70,00^{c}	87,35^{b}	105,40^{a}	82,89^{b}	86,41

Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Berdasarkan Tabel 20 dapat diketahui bahwa perlakuan jenis biochar menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap parameter serapan P biji karena akumulasi P di dalam biji pada fase generatif akhir sangat ditentukan oleh proses remobilisasi hara dari organ vegetatif (daun dan batang) yang telah diserap sejak fase pertumbuhan awal. Menurut Melati *et al*. (2020) biochar segar memiliki stabilitas karbon yang tinggi sehingga pelepasan hara bawaan berjalan sangat lambat. Alokasi unsur P ke dalam biji diatur oleh mekanisme genetik tanaman yang ketat untuk menjaga kualitas benih, sehingga tanaman akan memprioritaskan pemindahan fosfat ke organ reproduksi dalam batas konsentrasi yang stabil agar biji dapat berkembang dengan sempurna. Menurut Sholihah *et al*. (2025) pengaruh biochar terhadap peningkatan ketersediaan fosfor tanah bersifat jangka panjang dan bergantung pada tingkat pelapukan alami serta interaksi biologis di rizosfer, sehingga variasi jenis biochar belum mampu memodifikasi aktivitas mikroba pelarut fosfat atau menekan fiksasi tanah dalam menghasilkan perbedaan yang

nyata pada total serapan P pada bagian biji tanaman saat panen.

Perlakuan dosis pupuk fosfor menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter serapan P biji. Serapan P biji tertinggi di antara dosis yang diuji diperoleh pada perlakuan P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}), sedangkan P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}) dan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}) tidak berbeda nyata. Hal ini diduga disebabkan karena respons serapan P biji terhadap dosis pupuk P bersifat tidak linier, di mana peningkatan serapan terjadi hingga dosis optimum P2, lalu mengalami penurunan pada P3, diduga mampu memacu akumulasi dan pengendapan unsur hara P yang lebih masif ke dalam organ generatif (biji) saat fase pengisian. Menurut Firnia (2018) fosfor memegang peranan dalam transfer energi dan pengisian biji, di mana pada fase pematangan sebagian besar fosfor dari organ vegetatif ditranslokasikan menuju biji. Terpenuhinya pasokan ion fosfat bebas di dalam larutan tanah menyebabkan keberadaan fosfat yang terus-menerus tersedia ini diserap oleh akar. Menurut Kaya (2018) aplikasi pupuk fosfor dengan dosis yang tepat dapat menjaga konsentrasi larutan P tanah pada tingkat optimal untuk menstimulasi perkembangan volume biji, tetapi juga secara nyata meningkatkan konsentrasi dan total serapan hara P pada bagian biji.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan jenis biochar berpengaruh terhadap pH tanah, P-tersedia, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman. Perlakuan B3 (biochar tongkol jagung) menaikkan nilai pH tanah tertinggi, akan tetapi tidak berbeda nyata dari biochar sekam padi. Ketiga jenis biochar meningkatkan P-tersedia dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan dosis pupuk fosfor berpengaruh terhadap parameter pH tanah, P-tersedia, serapan P brangkasan, serapan P biji, tinggi tanaman, jumlah daun, indeks kehijauan daun, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, bobot basah biji, bobot kering biji, dan bobot basah tongkol. Perlakuan P3 (175 kg SP-36 ha^{-1}) menghasilkan nilai tertinggi pada beberapa komponen hasil dan pertumbuhan, sedangkan serapan P brangkasan tertinggi terdapat pada P1 (125 kg SP-36 ha^{-1}) dan serapan P biji pada P2 (150 kg SP-36 ha^{-1}). Interaksi antara jenis biochar dan dosis pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter yang diamati.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu penelitian dapat dilakukan dengan periode inkubasi biochar yang lebih lama yaitu 2 MST untuk mengoptimalkan interaksi biochar dengan pupuk fosfor di dalam tanah, serta dilakukan metode pengayaan biochar dengan bahan organik lain.

DAFTAR PUSTAKA

Agviolita, P., Yushardi, dan F. K. A. Anggraeni. 2021. Pengaruh perbedaan biochar terhadap kemampuan menjaga retensi pada tanah. J. Fisika Unand (JFU), 10 (2): 267-273. https://doi.org/10.25077/jfu.10.2.267-273.2021

Alwi, M. K., F. Razie, dan A. Kurnain. 2023. Hubungan ketersediaan fosfor dan kelarutan Fe pada tanah sawah sulfat masam. J. Acta Solum, 1 (2): 61-67. https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i2.1839

Arman, M. W., D. A. Harahap, dan R. Hasibuan. 2020. Pengaruh pemberian abu sekam padi dan kompos jerami padi terhadap sifat kimia tanah ultisol pada tanaman jagung manis. J. Tanah dan Sumberdaya Lahan, 7 (2): 315-320. https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.16

Artsam, A. F. A., D. R. Lukiwati, dan S. Budiyanto. 2022. Pengaruh aplikasi biochar dan mikroba penyubur tanah terhadap produksi tanaman kacang tanah pada tanah masam. J. Agroplasma, 9 (2): 137-149. https://doi.org/10.36987/agroplasma.v9i2.2892

Anggraini, R. 2019. Identifikasi gulma pada lahan budidaya jagung (*Zea mays* L.) varietas pertiwi. J. Agrofood, 1 (2): 12-19. https://doi.org/10.63848/agf.v01n2.3

Aswiguna, S., Sarno, N. A. Afrianti, dan Supriatin. 2022. Pengaruh pemberian biochar batang singkong dan pemupukan P terhadap serapan hara N dan K pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). J. Agrotek Tropika, 10 (3): 455-459. https://doi.org/10.23960/jat.v10i3.6109

Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. 2023. Analisis kimia tanah, tanaman, air dan pupuk. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Bogor. Cetakan ketiga: Desember 2023, ISBN 978-602-8039-49-9.

Bustaman., Tony, Mualif, Salawati, dan S. Ende. 2026. Pengaruh pemberian pupuk kalium terhadap kadar gula tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* L.). JAGO TOLIS : J. Agrokompleks Tolis, 6 (2): 248-258. https://doi.org/10.56630/jago.v6i2.1543

Caroline, A. C., R. Hayati, dan L. Agustine. 2024. Pengaruh kombinasi penggunaan biochar dan pupuk kotoran terhadap ketersediaan nutrisi N, P, K Serta Pertumbuhan Jagung (*Zea mays* L.) pada tanah aluvial. J. Agriovet, 6 (2): 73-92. https://doi.org/10.51158/agriovet.v6i2.1123

Dewi, P. A., Mulyati, dan Suwardji. 2024. Management strategies for maize cultivation in drylands through soil tillage techniques and fertilizer efficiency. J. Biologi Tropis, 24 (2b): 134-144. https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2b.8117

Dolsenyawi, F., F. Polnaya, dan I. J. Lawalata. 2026. Respon pemberian pupuk phonska terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). MARSEGU: J. Sains dan Teknologi, 2 (10): 707-722. https://doi.org/10.69840/marsegu/2.10.2026.707-722

Firnia, D. 2018. Dinamika Unsur Fosfor pada Tiap Horison Profil Tanah Masam. J. Agroekoteknologi. 10 (1): 45-52. https://dx.doi.org/10.33512/j.agrtek.v10i1.5464

Hawayanti, E., A. Palmasari, dan F. Ardiansyah. 2020. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) pada pemberian pupuk kandang kotoran sapi dan pupuk fosfat. Klorofil: J. Ilmu-Ilmu Agroteknologi, 15 (2): 69-73. https://doi.org/10.32502/jk.v15i2.3860

Iskandar, T., dan U. Rofiatin. 2017. Karakteristik biochar berdasarkan jenis biomassa dan parameter proses pirolisis. J. Teknik Kimia, 12 (1): 28-35. https://doi.org/10.33005/tekkim.v12i1.843

Iswantoro, D., dan D. Handayani. 2022. Klasifikasi penyakit tanaman jagung menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). J. Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, 22 (2): 900-905. https://doi.org/10.33087/jiubj.v22i2.2065

Janu, Y. F., dan C. Mutiara. 2021. Pengaruh biochar sekam padi terhadap sifat fisik tanah dan hasil tanaman jagung (*Zea mays*) di Kelurahan Lape Kecamatan Aesesa. J. Agrica, 14 (1): 67-82. https://doi.org/10.37478/agr.v14i1.1042

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2023. Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 411/Kpts/PV.240/D/X/2023 tentang Pemberian Tanda Daftar Varietas Tanaman Hortikultura Jagung Manis SC SH722.

Kasno, A. 2019. Perbaikan tanah untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemupukan berimbang dan produktivitas lahan kering masam. J. Sumberdaya Lahan, 13 (1): 27-40. https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jsl/article/view/3346/3380

Kaya, E. 2018. Pengaruh pupuk kalium dan fosfat terhadap ketersediaan dan serapan fosfat tanaman kacang tanah (*Arachis Hypogaea* L.) pada tanah brunizem. J. Agrologia, 1 (2): 113-118. https://doi.org/10.30598/a.v1i2.286

Kurniawan, A., B. Haryono, M. Baskara, dan S. Y. Tyasmoro. 2016. Pengaruh penggunaan biochar pada media tanam terhadap pertumbuhan bibit tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). J. Produksi Tanaman, 4 (2): 153-160. https://doi.org/10.21176/protan.v4i2.273

Lisdiyanti, M., dan H. Guchi. 2018. Pengaruh pemberian bahan humat dan pupuk SP-36 untuk meningkatkan ketersediaan fosfor pada tanah ultisol. J. Pertanian Tropik, 5 (2): 192-198. https://doi.org/10.32734/jopt.v5i2.2991

Mardiyan, K., B. Nasrul, dan N. Nelvia. 2024. Pengaruh biochar cangkang kelapa sawit dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). J. of Social Science Research, 4 (3): 16840-16854. https://doi.org/10.31004/innovative.v4i3.10616

Melati, C., B. M. P. Prawiranegara, A. N. Flatian, dan E. Suryadi. 2020. Pertumbuhan hasil dan serapan fosfor (32p) tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) akibat pemberian biochar dan SP-36. J. Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, 16 (2): 67-76. https://doi.org/10.17146/jair.2020.16.2.5804

Nisfuriah, L., R. I. S. Aminah, Rosmiah, dan D. Satria. 2020. Pemanfaatan pupuk fosfat dan pupuk hayati pada jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di lahan kering. J. Klorofil, 15 (1): 17-22. https://doi.org/10.32502/jk.v15i1.3721

Nurida, N. L., Sutono, dan Muchtar. 2017. Pemanfaatan biochar kulit buah kakao dan sekam padi untuk meningkatkan produktivitas padi sawah di ultisol Lampung. J. Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, 20 (1): 69-80. https://doi.org/10.21082/jpptp.v20n1.2017.p69-80

Nuryani, E., G. Haryono, dan Historiawati. 2019. Pengaruh dosis dan saat pemberian pupuk p terhadap hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) tipe tegak. VIGOR: J. Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika, 4 (1): 14-17. https://doi.org/10.31002/vigor.v4i1.1307

Prasetyo, D., F. Fajarindo, S. Supriatin, dan T. Syam. 2022. Aplikasi biochar batang singkong dan pemupukan fosfat pada tanah ultisol terhadap P-tersedia, pertumbuhan, dan produksi jagung (*Zea mays* L.). J. Agrotek Tropika, 10 (2): 329-337. https://doi.org/10.23960/jat.v10i2.5949

Pratama, B.W., R. Hayati, dan L. Agustine. 2024. Pengaruh pemberian biochar terhadap ketersediaan hara N, P, K dan pertumbuhan tanaman jagung di tanah gambut. J. Pertanian Agros, 26 (1): 442-451. http://dx.doi.org/10.37159/jpa.v26i1.4147

Putri, V. I., Mukhlis, dan B. Hidayat. 2017. Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. J. Agroekoteknologi, 5 (4): 824-828. https://doi.org/10.32734/ja.v5i4.2496

Putriani, S.S., S. Yusnaini, L. M. Septiana, dan D. Dermiyati. 2022. Aplikasi biochar dan pupuk P terhadap ketersediaan dan serapan P pada tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di tanah ultisol. J. Agrotek Tropika, 10 (4): 615-626. https://doi.org/10.23960/jat.v10i4.6447

Rohmaniya, F., R. Jumadi, dan E. S. Redjeki. 2023. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt) pada pemberian pupuk kandang kambing dan pupuk NPK. TROPICROPS: J. of Tropical Crops, 6 (1): 37-51. https://doi.org/10.30587/tropicrops.v6i1.5376

Rosalina, E., dan Y. Nirwanto. 2021. Pengaruh takaran pupuk fosfor (P) terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas tanaman padi (*Oryza sativa* L.). J. Media Pertanian, 6 (1): 21-32. https://doi.org/10.37058/mp.v6i1.3015

Rosnina, A. G., A. Syafani, A. Supraja, dan B. Ardiyanti. 2021. Efek kombinasi *biochar* dan mikoriza pada pertumbuhan tanaman jagung pulut ungu (*Zea mays* L. var *ceratina kulesh*) tanah inseptisol reuleut. J. of Applied Agricultural Sciences, 5 (1): 34-40. https://doi.org/10.25047/agriprima.v5i1.400

Salawati, S., dan S. Ende. 2026. Pertumbuhan dan hasil jagung manis pada berbagai takaran biochar yang dibudidayakan di musim kemarau. J. Vegetalika, 15 (1): 33-42. https://doi.org/10.22146/veg.109192

Saragih, M. K., E. M. Sianipar, P. L. Sianturi, P. Sihombing, dan B. R. Sihite. 2022. Pengaruh bebagai jenis biochar dan pupuk NPK terhadap kapasitas tukar kation (KTK) tanah ultisol pada budidaya jagung manis (*Zea mays saccharata* L.). J. Majalah Ilmiah METHODA, 12 (3): 252-257. https://doi.org/10.46880/methoda.Vol12No3.pp252-257

Shalsabila, F., S. Prijono, dan Z. Kusuma, Z. 2017. Pengaruh aplikasi biochar kulit kakao terhadap kemantapan agregat dan produksi tanaman jagung pada Ultisol Lampung Timur. JTSL: J. Tanah dan Sumberdaya Lahan, 4 (1): 473-480. https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/161

Sholihah, F. N., S. Yusnaini, M. V. Rini, M. S. Arif. 2025. Pengaruh aplikasi tiga jenis biochar dan pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi mikoriza arbuskular serta pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*) di LTPD Unila. J. Agrotek Tropika, 13 (1): 92-105. https://doi.org/10.23960/jat.v13i1.10644

Sinaga, A.H. 2018. Analisis komoditi jagung (*Zea mays* L.). J. Darma Agung, 26 (3): 319-325. http://dx.doi.org/10.46930/ojsuda.v26i3.2718

Sirait, R. F., Sarno, N. A. Afrianti, dan A. Niswati. 2020. Pengaruh aplikasi biochar dan pemupukan nitrogen terhadap ketersediaan NPK tanah pada pertanaman jagung manis (*Zea mays* L.). J. Agrotek Tropika, 8 (1): 37-46. https://doi.org/10.23960/jat.v8i1.3680

Situmeang, Y. P. 2020. Biochar bambu perbaiki kualitas tanah dan hasil jagung. Scopindo Media Pustaka. Surabaya.

Solfianti, M., T. B. Herviyanti, Prasetyo, dan A. Maulana. 2021. Pengaruh aplikasi biochar limbah kulit pinang dosis rendah terhadap sifat kimia inceptisol. J. Agrikultura, 32 (1): 77-84. https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i1.32602

Solihin, E., R. Sudirja, A. Sandrawati, M. Damayani, dan N. N. Kamaluddin. 2019a. Pengaruh penambahan dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada inceptisol asal Jatinangor. J. Soilrens, 17 (1): 31-37. https://doi.org/10.24198/soilrens.v17i1.23217

Solihin, E., R. Sudirja, dan N. N. Kamaluddin. 2019b. Aplikasi pupuk kalium dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L.). J. Agrikultura, 30 (2): 40-45. https://doi.org/10.24198/agrikultura.v30i2.22791

Tarigan, A. D., dan N. Nelvia. 2020. Pengaruh pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* sacharrata L.) di tanah ultisol. J. Agroekoteknologi, 12 (1), 23-37. https://dx.doi.org/10.33512/jur.agroekotetek.v12i1.8769

Verdiana, M. A., H. T. Sebayang, dan T. Sumarni. 2016. Pengaruh berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L .). J. Produksi Tanaman, 4 (8): 611-616. https://doi.org/10.21176/protan.v4i8.335

Wahyudin, A., B. N. Fitriatin, F. Y. Wicaksono, dan R. Ruminta. 2017. Respons tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat pemberian pupuk fosfat dan waktu aplikasi pupuk hayati mikroba pelarut fosfat pada ultisols Jatinangor. J. Kultivasi, 16 (1), 2-13. https://doi.org/10.24198/kultivasi.v16i1.11559

Wati, C., D. Sulistyowati, E. Krisnawati, N. Musyarofah, dan B. Adirianto. 2024. Pengaruh naungan terhadap karakter morfofisiologi jagung manis. J. Agrica Ekstensia, 18 (2): 120-128. https://doi.org/10.55127/ae.v18i2.230

Widyantika, S. D., dan S. Prijono. 2019. Pengaruh biochar sekam padi dosis tinggi terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung pada *typic kanhapludult*. J. Tanah dan Sumberdaya Lahan, 6 (1): 1157-1163. https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2019.006.1.14

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Layout* Percobaan



B0P2U2	B0P0U1	B2P2U1	B1P1U1	B3P1U2	B2P0U3	B1P1U3	B3P2U3
B2P3U3	B3P0U1	B0P2U3	B2P0U2	B1P3U1	B0P3U1	B0P1U1	B1P0U3
B2P1U2	B2P2U2	B1P3U2	B3P3U2	B3P2U1	B1P3U3	B1P2U3	B1P1U2
B0P3U2	B3P2U2	B0P2U1	B0P0U3	B2P1U3	B2P2U3	B2P3U1	B2P0U1
B0P1U2	B1P2U2	B3P3U3	B3P0U2	B3P0U3	B0P0U2	B1P2U1	B1P0U2
B0P1U3	B2P3U2	B1P0U1	B2P1U1	B0P3U3	B3P1U3	B3P1U1	B3P3U1

Keterangan:

Faktor pertama yaitu berbagai jenis biochar dengan 4 taraf :

B0 = Kontrol (0 ton ha^{-1})

B1 = Biochar sekam padi (10 ton ha^{-1})

B2 = Biochar batang singkong (10 ton ha^{-1})

B3 = Biochar tongkol jagung (10 ton ha^{-1})

Faktor kedua yaitu dosis pupuk fosfor dengan 4 taraf :

P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}

P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}

P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}

P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}

Terdapat 3 ulangan (U) = U1, U2, dan U3

Lampiran 2. Deskripsi Tanaman Jagung Manis Varietas NB Super F1

Nama varietas	:	SC SH722
Nama dagang	:	NB Super F1
Asal	:	Introduksi
Silsilah	:	44452-B-B-1-B-B-B × 2248-B-B-1-1-B-B
Golongan varietas	:	Hibrida
Bentuk penampang batang	:	Bulat
Tinggi tanaman	:	215,70 – 235,44 cm
Diameter batang	:	3,05 – 3,48 cm
Warna batang	:	Kuning – hijau (RHS 144A)
Bentuk daun	:	Bangun pita
Ukuran daun	:	Panjang 93,36 – 104,18 cm, lebar 10,14 – 11,78 cm
Warna daun	:	Hijau (RHS NN137A)
Ombak pada tepi helai daun	:	Sedang
Bentuk malai (tassel)	:	Terbuka
Warna malai	:	Warna anther (kuning; RHS 11B), warna rambut (kuning; RHS 1C)
Umur berbunga	:	44 – 48 HST
Umur panen	:	68 – 70 HST
Bentuk tongkol	:	Silindris
Ukuran tongkol	:	Panjang 31,62 – 35,14 cm, diameter 5,09 – 7,30 cm
Daun bendera pada ujung tongkol	:	Ada
Warna tongkol	:	Kuning – hijau (RHS 144A)
Bentuk biji	:	Pipih persegi
Warna biji	:	Kuning – oranye (RHS 14C)

Tipe biji	:	*Dent-like*
Baris biji	:	Lurus
Rasa biji	:	Manis
Kadar gula	:	12 – 14% brix
Jumlah baris biji	:	16 – 18 baris
Berat 1.000 biji	:	143,72 – 163,31 g
Berat tongkol dengan kelobot	:	451,97 – 496,40 g
Berat tongkol tanpa kelobot	:	326,35 – 372,24 g
Jumlah tongkol/tanaman	:	1 buah
Ketahanan terhadap penyakit	:	Tahan terhadap penyakit kresek daun
Daya simpan tongkol pada suhu 25-30°C	:	4 – 6 Hari Setelah Panen
Hasil tongkol per hektare	:	14,31 – 16,28 ton/ha
Populasi per hektare	:	53.333 tanaman
Kebutuhan benih per hektare	:	9,71 – 11,03 kg
Penciri utama	:	Ombak pada tepi helai daun sedang; warna biji kuning-oranye(RHS 14C) dan tipe biji *dent-like*
Keunggulan varietas	:	Produksi hasil per satuan luas lebih tinggi (14,31-16,28 ton/hektare)
Wilayah adaptasi	:	Sesuai untuk dataran rendah
Pemohon	:	PT. East West Seed Indonesia
Pemulia	:	Jaroensuk Nasae
Peneliti	:	Abdul Kohar, Febyana Erlyandari, dan Gigih Fajaruddin

Sumber: Kementerian Pertanian Republik Indonesia, N0. 411/Kpts/PV.240/D/X/2023

Lampiran 3. Perhitungan Kebutuhan Jenis Biochar

Luas 1 ha = 10.000 m^2

Jarak tanam = 60 × 60 cm

= 0,6 m × 0,6 m

= 0,36 m^2/tanaman

Populasi tanaman = $\frac{\text{Luas per ha}}{\text{Jarak tanam}}$

= $\frac{10.000\ m^2}{0{,}36\ m^2/\text{tanaman}}$

= 27.777 tanaman/ha

Dosis perlakuan biochar yang digunakan = 10 ton ha^{-1} = 10.000.000 g ha^{-1}

Dosis biochar 10 ton ha^{-1} = $\frac{\text{Dosis per ha (g } ha^{-1})}{\text{Populasi per ha}}$

= $\frac{10.000.000}{27.777}$

= 360,01 g/tanaman

= 0,36001 kg/tanaman

Kebutuhan akhir biochar, yaitu :

- Biochar sekam padi 10 ton ha^{-1} = 360,01 g
- Biochar batang singkong 10 ton ha^{-1} = 360,01 g
- Biochar tongkol jagung 10 ton ha^{-1} = 360,01 g

Lampiran 4. Perhitungan Kebutuhan Pupuk Fosfor

Luas 1 ha = 10.000 m^2

Jarak tanam = 60 × 60 cm

= 0,6 m × 0,6 m

= 0,36 m^2/tanaman

Populasi tanaman = $\frac{\text{Luas per ha}}{\text{Jarak tanam}}$

= $\frac{10.000\ m^2}{0{,}36\ m^2/\text{tanaman}}$

= 27.777 tanaman/ha

Dosis perlakuan pupuk fosfor yang digunakan :

P0 : 0 kg SP-36 ha^{-1}

P1 : 125 kg SP-36 ha^{-1}

P2 : 150 kg SP-36 ha^{-1}

P3 : 175 kg SP-36 ha^{-1}

a. Dosis pupuk fosfor 125 kg SP-36 ha^{-1} = $\frac{\text{Dosis per ha (g ha}^{-1})}{\text{Populasi per ha}}$

= $\frac{125.000}{27.777}$

= 4,50 g/tanaman

= 0,0045 kg/tanaman

b. Dosis pupuk fosfor 150 kg SP-36 ha^{-1} = $\frac{\text{Dosis per ha (g ha}^{-1})}{\text{Populasi per ha}}$

= $\frac{150.000}{27.777}$

= 5,40 g/tanaman

= 0,0054 kg/tanaman

c. Dosis pupuk fosfor 175 kg SP-36 ha^{-1} = $\frac{\text{Dosis per ha (g } ha^{-1})}{\text{Populasi per ha}}$

= $\frac{175.000}{27.777}$

= 6,30 g/tanaman

= 0,0063 kg/tanaman

Lampiran 5. Lampiran Suhu dan Kelembaban

No	Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Suhu Min (°C)	Suhu Maks (°C)	RH Rata-rata (%)	RH Min (%)	RH Maks (%)
1.	09/12/2025	26,8	23,2	33,5	97	82,3	100
2.	10/12/2025	28,5	22,9	35,4	89,6	55,5	100
3.	11/12/2025	28,8	23,6	35,9	87,9	57,8	100
4.	12/12/2025	27,6	23	35,9	90	52,7	100
5.	13/12/2025	26,5	23,2	37,4	90,5	52,3	100
6.	14/12/2025	28,4	22,9	39	84,6	40,8	100
7.	15/12/2025	27,4	23,5	36	85,3	54,9	100
8.	16/12/2025	28	23,7	38,5	83,2	47,9	100
9.	17/12/2025	26,7	23,2	35,9	89,3	59,2	100
10.	18/12/2025	28,5	22,9	38,9	85,4	46,1	100
11.	19/12/2025	28,1	24	38	86	51,5	100
12.	20/12/2025	27,5	23,3	38,6	86	54,1	100
13.	21/12/2025	27,6	22,9	35,9	85	55,7	100
14.	22/12/2025	26,7	23,2	35,9	89,3	59,2	100
15.	23/12/2025	26,6	23,2	37,4	90,4	52,3	100
16.	24/12/2025	28,5	22,9	39	84,6	40,8	100
17.	25/12/2025	30,2	23,6	38,5	85,3	54,9	100
18.	26/12/2025	27,3	22,9	35,2	89,6	55,5	100
19.	27/12/2025	27,4	23,1	36,3	87,9	57,8	100
20.	28/12/2025	26,9	23,3	37	90	52,7	100
21.	29/12/2025	26,7	23,2	35,9	89,3	59,2	100
22.	30/12/2025	28	22,9	38,9	85,4	46,1	100
23.	31/12/2025	28	23,4	38	86	51,5	100
24.	01/01/2026	26,3	22,9	35,2	91,3	55,5	100
25.	02/01/2026	27,1	23,1	36,3	88	57,8	100
26.	03/01/2026	26,8	23,3	37	90	52,7	100
27.	04/01/2026	26,5	23,2	37,4	90,4	52,3	100
28.	05/01/2026	28,5	22,9	39	84,6	40,8	100
29.	06/01/2026	27,4	23,5	36	85,3	54,9	100
30.	07/01/2026	28	23,7	38,5	83,2	47,9	100
31.	08/01/2026	26,7	23,2	35,9	89,3	59,2	100
32.	09/01/2026	27,6	22,9	38,9	85,4	46,1	100
33.	10/01/2026	27,6	23,4	38	86	51,5	100

34.	11/01/2026	27,5	23,3	38,6	86	54,1	100
35.	12/01/2026	27,6	22,9	35,9	85	55,7	100
36.	13/01/2026	26,7	23,2	35,9	89,3	59,2	100
37.	14/01/2026	26,6	23,2	37,4	90,4	52,3	100
38.	15/01/2026	28,5	22,9	39	84,6	40,8	100
39.	16/01/2026	27,4	23,5	36	85,3	54,9	100
40.	17/01/2026	26,7	22,9	35,2	89,6	55,5	100
41.	18/01/2026	27,1	23,1	36,3	87,9	57,8	100
42.	19/01/2026	26,8	23,3	37	90	52,7	100
43.	20/01/2026	26,7	23,2	35,9	89,3	59,2	100
44.	21/01/2026	27,6	22,9	38,9	85,4	46,1	100
45.	22/01/2026	27,6	23,4	38	86	51,5	100
46.	23/01/2026	29,4	23,2	37,4	86,5	60,3	100
47.	24/01/2026	28,7	22,9	39	89,6	55,5	100
48.	25/01/2026	27,5	23,3	38,6	89	58,6	100
49.	26/01/2026	26,7	22,9	35,2	88,7	52,7	100
50.	27/01/2026	28	23,4	38	90,6	59,7	100
51.	28/01/2026	27,1	23,6	36	86,4	54,7	100
52.	29/01/2026	27,6	23,5	37,4	88,3	52,4	100
53.	30/01/2026	28,5	22,9	39	89,1	56,2	100
54.	31/01/2026	27,7	22,9	37,4	90,8	62,5	100
55.	01/02/2026	26,6	23,1	34,2	93,4	62,2	100
56.	02/02/2026	28,3	23,1	39,1	89,2	56,8	100
57.	03/02/2026	28	23,3	37	90,8	60,2	100
58.	04/02/2026	27,2	23	36,8	91,8	52,3	100
59.	05/02/2026	28,4	23,2	36,8	91,5	58,7	100
60.	06/02/2026	28,2	23,6	37	86,4	54,9	100
61.	07/02/2026	28,3	23,7	38,5	87,1	47,9	100
62.	08/02/2026	27	23,2	35,9	90,3	59,2	100
63.	09/02/2026	27,8	23,2	37,6	85,6	47,1	100
64.	10/02/2026	28	23,4	38	86,3	51,5	100
65.	11/02/2026	27,7	23,3	37,5	86,3	54,4	100
66.	12/02/2026	27,5	22,9	35,2	85,6	55,7	100
67.	13/02/2026	27	23,2	35,9	90,2	59,2	100
68.	14/02/2026	27,3	23,8	37,4	91,4	53,4	100
69.	15/02/2026	28,5	22,9	39	86,1	40,8	100
70.	16/02/2026	28,2	23	34,7	87,5	53,9	100
Rata-rata		**27,6**	**22,9**	**37,1**	**88**	**54**	**100**

Lampiran 6. Analisis Ragam pH Tanah

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- pH Tanah ----------					
	1	5,51	5,77	5,67	5,83	22,78	5,70
B0	2	5,66	5,86	5,72	5,71	22,95	5,74
	3	5,56	5,52	5,87	5,83	22,78	5,70
Total		16,73	17,15	17,26	17,37	68,51	
Rataan		5,58	5,72	5,75	5,79		5,71
	1	5,84	5,92	5,81	5,85	23,42	5,86
B1	2	5,60	5,95	5,85	5,74	23,14	5,79
	3	5,63	5,92	5,83	5,82	23,20	5,80
Total		17,07	17,79	17,49	17,41	69,76	
Rataan		5,69	5,93	5,83	5,80		5,81
	1	5,45	5,83	5,68	5,76	22,72	5,68
B2	2	5,58	5,77	5,74	5,73	22,82	5,71
	3	5,44	5,84	6,00	5,86	23,14	5,79
Total		16,47	17,44	17,42	17,35	68,68	
Rataan		5,49	5,81	5,81	5,78		5,72
	1	5,58	5,85	6,02	6,05	23,50	5,88
B3	2	5,67	5,73	5,88	5,97	23,25	5,81
	3	5,59	5,94	5,76	6,07	23,36	5,84
Total		16,84	17,52	17,66	18,09	70,11	
Rataan		5,61	5,84	5,89	6,03		5,84
Total		67,11	69,90	69,83	70,22	277,06	
Rataan		5,59	5,83	5,82	5,85		5,77

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- pH Tanah ----------					
B0	16,73	17,15	17,26	17,37	68,51	5,71
B1	17,07	17,79	17,49	17,41	69,76	5,81
B2	16,47	17,44	17,42	17,35	68,68	5,72
B3	16,84	17,52	17,66	18,09	70,11	5,84
Total	67,11	69,90	69,83	70,22	277,06	23,09
Rata-rata	5,59	5,83	5,82	5,85	5,77	5,77

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{277{,}06^2}{4.4.3} = 1599{,}21$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (5{,}51)^2 + (5{,}66)^2 + \ldots. + (6{,}07)^2 - 1599{,}21$

$=$ **1,105792**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(22{,}78)^2 + (22{,}95)^2 + \cdots + (23{,}36)^2]}{3} - 1599{,}21$

$=$ **0,809992**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(68{,}51)^2 + (69{,}76)^2 + \cdots + (70{,}11)^2]}{3.4} - 1599{,}21$

$=$ **0,155942**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(67{,}11)^2 + (69{,}90)^2 + \cdots + (70{,}22)^2]}{3.4} - 1599{,}21$

$=$ **0,523208**

JK (BxP) $=$ JKp – JK (B) – JK (P)

$=$ 0,809992 – 0,155942 – 0,523208

$=$ **0,130842**

JK Galat = JKT – JKp
= 1,105792 – 0,809992
= **0,295800**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{JKp}{dbp} = \frac{0,809992}{15}$ = 0,053999

KT (B) $= \frac{JK(B)}{db(B)} = \frac{0,155942}{3}$ = 0,051981

KT (P) $= \frac{JK(P)}{db(P)} = \frac{0,523208}{3}$ = 0,174403

KT (BxP) $= \frac{JK(BxP)}{db(BxP)} = \frac{0,130842}{9}$ = 0,014538

KT Galat $= \frac{JK(G)}{db(G)} = \frac{0,295800}{32}$ = 0,009244

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{KTp}{KTG} = \frac{0,053999}{0,009244}$ = $5,84^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{KT(B)}{KTG} = \frac{0,051981}{0,009244}$ = $5,62^{*}$

F-Hitung (P) $= \frac{KT(P)}{KTG} = \frac{0,174403}{0,009244}$ = $18,87^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{KT(BxP)}{KTG} = \frac{0,014538}{0,009244}$ = $1,57^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	0,809992	0,053999	$5,84^{*}$	1,99	*
Biochar	3	0,155942	0,051981	$5,62^{*}$	2,90	*
Pupuk	3	0,523208	0,174403	$18,87^{*}$	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	0,130842	0,014538	$1,57^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	0,295800	0,009244			
Total	47	1,105792				

Keterangan : * = signifikan ($p<0.05$), tn = tidak signifikan ($p\geq0.05$)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{KTG}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{0,009244}}{5,77}$ x 100%
= 1,67%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Biochar)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times P}} = \sqrt{\frac{0,009244}{3.4}} = 0,0278$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 0,0278
= 0,1064

Tabel Matriks Nilai Tengah

Biochar	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		B3	B1	B2	B0	
		5,84	5,81	5,72	5,71	
B3	5,84	0,00^{tn}				a
B1	5,81	0,03^{tn}	0,00^{tn}			ab
B2	5,72	0,12*	0,09^{tn}	0,00^{tn}		b
B0	5,71	0,13*	0,10^{tn}	0,01^{tn}	0,00^{tn}	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

9. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{0,009244}{3.4}} = 0,0278$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 0,0278
= 0,1064

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P3	P1	P2	P0	
		5,85	5,83	5,82	5,59	
P3	5,85	0,00^{tn}				a
P1	5,83	0,02^{tn}	0,00^{tn}			a
P2	5,82	0,03^{tn}	0,01^{tn}	0,00^{tn}		a
P0	5,59	0,26*	0,24*	0,23*	0,00^{tn}	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 7. Analisis Ragam P-Tersedia

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (ppm P) ----------					
	1	10,08	35,76	34,28	40,32	120,44	30,11
B0	2	10,67	34,30	32,76	38,61	116,34	29,09
	3	10,25	36,94	35,59	36,73	119,51	29,88
Total		31,00	107,00	102,63	115,66	356,29	
Rataan		10,33	35,67	34,21	38,55		29,69
	1	13,06	39,57	40,74	41,63	135,00	33,75
B1	2	16,26	34,96	38,30	41,20	130,72	32,68
	3	14,81	37,22	41,40	38,60	132,03	33,01
Total		44,13	111,75	120,44	121,43	397,75	
Rataan		14,71	37,25	40,15	40,48		33,15
	1	15,87	37,13	35,19	37,83	126,02	31,51
B2	2	14,70	36,60	42,56	43,47	137,33	34,33
	3	11,06	38,12	36,96	37,34	123,48	30,87
Total		41,63	111,85	114,71	118,64	386,83	
Rataan		13,88	37,28	38,24	39,55		32,24
	1	14,47	37,59	37,65	39,84	129,55	32,39
B3	2	17,12	39,22	37,10	40,62	134,06	33,52
	3	16,02	38,51	33,56	45,17	133,26	33,32
Total		47,61	115,32	108,31	125,63	396,87	
Rataan		15,87	38,44	36,10	41,88		33,07
Total		164,37	445,92	446,09	481,36	1537,74	
Rataan		13,70	37,16	37,17	40,11		32,04

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (ppm P) ----------					
B0	31,00	107,00	102,63	115,66	356,29	29,69
B1	44,13	111,75	120,44	121,43	397,75	33,15
B2	41,63	111,85	114,71	118,64	386,83	32,24
B3	47,61	115,32	108,31	125,63	396,87	33,07
Total	164,37	445,92	446,09	481,36	1537,74	128,15
Rata-rata	13,70	37,16	37,17	40,11	32,04	32,04

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{1537{,}74^2}{4.4.3} = 49263{,}42$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (10{,}08)^2 + (10{,}67)^2 + \ldots. + (45{,}17)^2 - 49263{,}42$

$=$ **5729,5599**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(120{,}44)^2 + (116{,}34)^2 + \cdots + (133{,}26)^2]}{3} - 49263{,}42$

$=$ **5591,0406**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(356{,}29)^2 + (397{,}75)^2 + \cdots + (396{,}87)^2]}{3} - 49263{,}42$

$=$ **94,1496**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(164{,}37)^2 + (445{,}92)^2 + \cdots + (481{,}36)^2]}{3.4} - 49263{,}42$

$=$ **5450,4003**

JK (BxP) $=$ JKp – JK (B) – JK (P)

$= 5591{,}0406 - 94{,}1496 - 5450{,}4003$

$=$ **46,4906**

JK Galat = JKT – JKp
= 5729,5599 – 5591,0406
= **138,5093**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{5591,0406}{15}$ = 372,7360

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{94,1496}{3}$ = 31,3832

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{5450,4003}{3}$ = 1816,8001

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{46,4906}{9}$ = 5,1656

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{138,5093}{32}$ = 4,3284

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{372,7360}{4,3284}$ = 86,11*

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{31,3832}{4,3284}$ = 7,25*

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{1816,8001}{4,3284}$ = 419,74*

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{5,1656}{4,3284}$ = 1,19^{tn}

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	5591,0406	372,7360	86,11*	1,99	*
Biochar	3	94,1496	31,3832	7,25*	2,90	*
Pupuk	3	5450,4003	1816,8001	419,74*	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	46,4906	5,1656	1,19^{tn}	2,19	tn
Galat	32	138,5093	4,3284			
Total	47	5729,5499				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{4,3284}}{32,04}$ x 100%
= 6,49%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Biochar)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times P}} = \sqrt{\frac{4,3284}{3.4}} = 0,6006$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 0,6006
= 2,3014

Tabel Matriks Nilai Tengah

Biochar	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		B1	B3	B2	B0	
		33,15	33,07	32,24	29,69	
B1	33,15	0,00^{tn}				a
B3	33,07	0,08^{tn}	0,00^{tn}			a
B2	32,24	0,91^{tn}	0,83^{tn}	0,00^{tn}		a
B0	29,69	3,46*	3,38*	2,55*	0,00^{tn}	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

9. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{4,3284}{3.4}} = 0,6006$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 0,6006
= 2,3014

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P3	P2	P1	P0	
		40,11	37,17	37,16	13,70	
P3	40,11	0,00^{tn}				a
P2	37,17	2,94*	0,00^{tn}			b
P1	37,16	2,95*	0,01^{tn}	0,00^{tn}		b
P0	13,70	26,42*	23,48*	23,46*	0,00^{tn}	c

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 8. Analisis Ragam KTK

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (cmol(+) kg^{-1}) ----------					
	1	14,07	15,22	14,79	16,03	60,11	15,03
B0	2	14,48	14,70	11,96	11,46	52,60	13,15
	3	16,53	13,52	9,07	9,99	49,11	12,28
Total		45,08	43,44	35,82	37,48	161,82	
Rataan		15,03	14,48	11,94	12,49		13,49
	1	15,68	13,52	13,21	18,78	61,19	15,30
B1	2	15,61	19,00	14,79	9,82	59,22	14,81
	3	9,60	14,59	13,51	19,60	57,30	14,33
Total		40,89	47,11	41,51	48,20	177,71	
Rataan		13,63	15,70	13,84	16,07		14,81
	1	12,64	18,44	15,57	16,14	62,79	15,70
B2	2	14,18	14,69	19,63	15,78	64,28	16,07
	3	7,68	15,00	13,35	16,68	52,71	13,18
Total		34,50	48,13	48,55	48,60	179,78	
Rataan		11,50	16,04	16,18	16,20		14,98
	1	15,37	15,19	15,08	12,82	58,46	14,62
B3	2	14,33	14,61	14,67	20,72	64,33	16,08
	3	15,15	14,19	13,69	16,04	59,07	14,77
Total		44,85	43,99	43,44	49,58	181,86	
Rataan		14,95	14,66	14,48	16,53		15,16
Total		165,32	182,67	169,32	183,86	701,17	
Rataan		13,78	15,22	14,11	15,32		14,61

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (cmol(+) kg^{-1}) ----------					
B0	45,08	43,44	35,82	37,48	161,82	13,49
B1	40,89	47,11	41,51	48,20	177,71	14,81
B2	34,50	48,13	48,55	48,60	179,78	14,98
B3	44,85	43,99	43,44	49,58	181,86	15,16
Total	165,32	182,67	169,32	183,86	701,17	58,43
Rata-rata	13,78	15,22	14,11	15,32	14,61	14,61

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{701{,}17^2}{4.4.3} = 10242{,}49$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (14{,}07)^2 + (14{,}48)^2 + \ldots. + (16{,}04)^2 - 10242{,}49$

$=$ **340,4686**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(60{,}11)^2 + (52{,}60)^2 + \cdots + (59{,}07)^2]}{3} - 10242{,}49$

$=$ **111,6428**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(161{,}82)^2 + (177{,}71)^2 + \cdots + (181{,}86)^2]}{3.4} - 10242{,}49$

$=$ **20,8852**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(165{,}32)^2 + (182{,}67)^2 + \cdots + (183{,}86)^2]}{3.4} - 10242{,}49$

$=$ **21,9126**

JK (BxP) $=$ JKp – JK (B) – JK (P)

$= 111{,}6428 - 20{,}8852 - 21{,}9126$

$=$ **68,8451**

JK Galat = JKT – JKp
= 340,4686 – 111,6428
= **228,8258**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{111,6428}{15}$ = 7,442857

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{20,8852}{3}$ = 6,961730

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{21,9126}{3}$ = 7,304197

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{68,8451}{9}$ = 7,649452

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{228,8258}{32}$ = 7,150806

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{7,442857}{7,150806}$ = $1,04^{tn}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{6,961730}{7,150806}$ = $0,97^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{7,304197}{7,150806}$ = $1,02^{tn}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{7,649452}{7,150806}$ = $1,07^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	111,6428	7,442857	$1,04^{tn}$	1,99	tn
Biochar	3	20,8852	6,961730	$0,97^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	21,9126	7,304197	$1,02^{tn}$	2,90	tn
Biochar x Pupuk	9	68,8451	7,649452	$1,07^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	228,8258	7,150806			
Total	47	340,4686				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{7,150806}}{14,61}$ x 100%
= 18,31%

Lampiran 9. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 70 HST

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- Tinggi Tanaman (cm) ---------					
	1	144,0	241,0	241,0	225,0	851,0	212,75
B0	2	142,0	245,0	206,0	254,0	847,0	211,75
	3	153,0	245,0	234,0	190,0	822,0	205,50
Total		439,0	731,0	681,0	669,0	2520,00	
Rataan		146,33	243,67	227,00	223,00		210,00
	1	179,0	216,0	258,0	228,0	881,0	220,25
B1	2	169,0	213,0	215,0	219,0	816,0	204,00
	3	164,0	168,0	251,0	248,0	831,0	207,75
Total		512,0	597,0	724,0	695,0	2528,00	
Rataan		170,67	199,00	241,33	231,67		210,67
	1	174,0	211,0	195,0	247,0	827,0	206,75
B2	2	168,0	222,0	210,0	254,0	854,0	213,50
	3	161,0	229,0	252,0	189,0	831,0	207,75
Total		503,0	662,0	657,0	690,0	2512,00	
Rataan		167,67	220,67	219,00	230,00		209,33
	1	213,0	216,0	244,0	227,0	900,0	225,00
B3	2	175,0	190,0	237,0	246,0	848,0	212,00
	3	172,0	198,0	231,0	236,0	837,0	209,25
Total		560,0	604,0	712,0	709,0	2585,00	
Rataan		186,67	201,33	237,33	236,33		215,42
Total		2014,00	2594,00	2774,00	2763,00	10145,00	845,42
Rataan		167,83	216,17	231,17	230,25		211,35

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (cm) ----------					
B0	439,0	731,0	681,0	669,0	2520,00	210,00
B1	512,0	597,0	724,0	695,0	2528,00	210,67
B2	503,0	662,0	657,0	690,0	2512,00	209,33
B3	560,0	604,0	712,0	709,0	2585,00	215,42
Total	2014,00	2594,00	2774,00	2763,00	10145,00	845,42
Rata-rata	167,83	216,17	231,17	230,25	211,35	211,35

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{10145{,}00^2}{4.4.3} = 2144188$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (144{,}0)^2 + (142{,}0)^2 + \ldots. + (236{,}0)^2 - 2144188$

$=$ **51638,979**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(851{,}0)^2 + (847{,}0)^2 + \cdots + (837{,}0)^2]}{3} - 2144188$

$=$ **39545,646**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(2520{,}00)^2 + (2528{,}00)^2 + \cdots + (2585{,}00)^2]}{3.4} - 2144188$

$=$ **274,729**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(2014{,}00)^2 + (2594{,}00)^2 + \cdots + (2763{,}00)^2]}{3.4} - 2144188$

$=$ **32001,729**

JK (BxP) $= JKp - JK(B) - JK(P)$

$= 39545{,}646 - 274{,}729 - 32001{,}729$

$=$ **7269,188**

JK Galat = JKT – JKp
= 51638,979 – 39545,646
= **12093,333**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{39545,646}{15}$ = 2636,376

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{274,729}{3}$ = 91,576

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{32001,729}{3}$ = 10667,243

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{7269,188}{9}$ = 807,688

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{12093,333}{32}$ = 377,917

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{2636,376}{377,917}$ = 6,98*

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{91,576}{377,917}$ = 0,24tn

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{10667,243}{377,917}$ = 28,23*

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{807,688}{377,917}$ = 2,14tn

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	39545,646	2636,376	6,98*	1,99	*
Biochar	3	274,729	91,576	0,24tn	2,90	tn
Pupuk	3	32001,729	10667,243	28,23*	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	7269,188	807,688	2,14tn	2,19	tn
Galat	32	12093,333	377,917			
Total	47	51638,979				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{377,917}}{211,35}$ x 100%
= 9,20%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times b}} = \sqrt{\frac{377,917}{3.4}} = 5,6119$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 5,6119
= 21,5047

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P2	P3	P1	P0	
		231,17	230,25	216,17	167,83	
P2	231,17	0,00^{tn}				a
P3	230,25	0,92^{tn}	0,00^{tn}			a
P1	216,17	15,00^{tn}	14,08^{tn}	0,00^{tn}		a
P0	167,83	63,34*	62,42*	48,33*	0,00^{tn}	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 10. Analisis Ragam Jumlah Daun 70 HST

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (helai) ----------					
	1	6	13	9	13	41	10,25
B0	2	10	12	11	11	44	11,00
	3	7	12	10	12	41	10,25
Total		23	37	30	36	126	
Rataan		7,67	12,33	10,00	12,00		10,50
	1	11	12	12	11	46	11,50
B1	2	8	12	10	13	43	10,75
	3	9	9	12	12	42	10,50
Total		28	33	34	36	131	
Rataan		9,33	11,00	11,33	12,00		10,92
	1	8	12	13	14	47	11,75
B2	2	10	13	13	13	49	12,25
	3	9	13	8	12	42	10,50
Total		27	38	34	39	138	
Rataan		9,00	12,67	11,33	13,00		11,50
	1	10	11	13	12	46	11,50
B3	2	8	14	12	12	46	11,50
	3	9	12	12	14	47	11,75
Total		27	37	37	38	139	
Rataan		9,00	12,33	12,33	12,67		11,58
Total		105	145	135	149	534	
Rataan		8,75	12,08	11,25	12,42		11,13

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (helai) ----------					
B0	23	37	30	36	126	10,50
B1	28	33	34	36	131	10,92
B2	27	38	34	39	138	11,50
B3	27	37	37	38	139	11,58
Total	105	145	135	149	534	44,50
Rata-rata	8,75	12,08	11,25	12,42	11,13	11,13

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{534^2}{4.4.3} = 5940{,}750$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (6)^2 + (10)^2 + \ldots + (14)^2 - 5940{,}750$

$=$ **179,2500**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(41)^2 + (44)^2 + \cdots + (47)^2]}{3} - 5940{,}750$

$=$ **119,2500**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(126)^2 + (131)^2 + \cdots + (139)^2]}{3.4} - 5940{,}750$

$=$ **9,4167**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(105)^2 + (145)^2 + \cdots + (149)^2]}{3.4} - 5940{,}750$

$=$ **98,9167**

JK (BxP) $=$ JKp – JK (B) – JK (P)

$= 119{,}2500 - 9{,}4167 - 98{,}9167$

$=$ **10,9167**

JK Galat = JKT – JKp
= 179,2500 – 119,2500
= **60,0000**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{JKp}{dbp} = \frac{119,2500}{15}$ = 7,9500

KT (B) $= \frac{JK(B)}{db(B)} = \frac{9,4167}{3}$ = 3,1389

KT (P) $= \frac{JK(P)}{db(P)} = \frac{98,9167}{3}$ = 32,9722

KT (BxP) $= \frac{JK(BxP)}{db(BxP)} = \frac{10,9167}{9}$ = 1,2130

KT Galat $= \frac{JK(G)}{db(G)} = \frac{60,0000}{32}$ = 1,8750

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{KTp}{KTG} = \frac{7,9500}{1,8750}$ = $4,24^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{KT(B)}{KTG} = \frac{3,1389}{1,8750}$ = $1,67^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{KT(P)}{KTG} = \frac{32,9722}{1,8750}$ = $17,59^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{KT(BxP)}{KTG} = \frac{1,2130}{1,8750}$ = $0,65^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	119,2500	7,9500	$4,24^{*}$	1,99	*
Biochar	3	9,4167	3,1389	$1,67^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	98,9167	32,9722	17,59*	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	10,9167	1,2130	$0,65^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	60,0000	1,8750			
Total	47	179,2500				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{KTG}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{1,8750}}{11,13}$ x 100%
= 12,31%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{1,8750}{3.4}} = 0,3953$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 0,3953
= 1,5147

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P3	P1	P2	P0	
		12,42	12,08	11,25	8,75	
P3	12,42	0,00^{tn}				a
P1	12,08	0,33^{tn}	0,00^{tn}			a
P2	11,25	1,17^{tn}	0,83^{tn}	0,00^{tn}		a
P0	8,75	3,67*	3,33*	2,50*	0,00^{tn}	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 11. Analisis Ragam Indeks Kehijauan Daun

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
	1	45,5	47,4	62,2	55,1	210,2	52,55
B0	2	35,7	44,6	46,3	57,6	184,2	46,05
	3	37,0	44,8	49,3	52,3	183,4	45,85
Total		118,2	136,8	157,8	165,0	577,8	
Rataan		39,40	45,60	52,60	55,00		48,15
	1	52,0	53,8	56,1	45,1	207,0	51,75
B1	2	40,2	53,6	52,8	52,3	198,9	49,73
	3	39,6	48,8	55,8	48,1	192,3	48,08
Total		131,8	156,2	164,7	145,5	598,2	
Rataan		43,93	52,07	54,90	48,50		49,85
	1	36,4	55,8	50,3	56,2	198,7	49,68
B2	2	40,7	58,5	57,0	52,3	208,5	52,13
	3	42,7	53,8	46,8	42,7	186,0	46,50
Total		119,8	168,1	154,1	151,2	593,2	
Rataan		39,93	56,03	51,37	50,40		49,43
	1	47,3	59,9	55,7	61,6	224,5	56,13
B3	2	43,6	48,6	58,9	53,6	204,7	51,18
	3	42,5	56,1	47,9	57,7	204,2	51,05
Total		133,4	164,6	162,5	172,9	633,4	
Rataan		44,47	54,87	54,17	57,63		52,78
Total		503,2	625,7	639,1	634,6	2402,6	
Rataan		41,93	52,14	53,26	52,88		50,05

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
B0	118,2	136,8	157,8	165,0	577,8	48,15
B1	131,8	156,2	164,7	145,5	598,2	49,85
B2	119,8	168,1	154,1	151,2	593,2	49,43
B3	133,4	164,6	162,5	172,9	633,4	52,78
Total	503,2	625,7	639,1	634,6	2402,6	200,22
Rata-rata	41,93	52,14	53,26	52,88	50,05	50,05

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{2402{,}60^2}{4.4.3} = 120260{,}14$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT)
$= \sum(Yijk)^2 - FK$
$= (45{,}5)^2 + (35{,}7)^2 + \ldots. + (57{,}7)^2 - 120260{,}14$
$=$ **2223,2992**

JK Perlakuan (JKp)
$= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$
$= \frac{[(210{,}2)^2 + (184{,}2)^2 + \cdots + (204{,}2)^2]}{3} - 120260{,}14$
$=$ **1501,3992**

JK (B)
$= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$
$= \frac{[(577{,}8)^2 + (598{,}2)^2 + \cdots + (633{,}4)^2]}{3.4} - 120260{,}14$
$=$ **138,0158**

JK (P)
$= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$
$= \frac{[(503{,}2)^2 + (625{,}7)^2 + \cdots + (634{,}6)^2]}{3.4} - 120260{,}14$
$=$ **1062,9175**

JK (BxP)
$= JKp - JK\ (B) - JK\ (P)$
$= 1501{,}3992 - 138{,}0158 - 1062{,}9175$
$=$ **300,4658**

JK Galat = JKT – JKp
= 2223,2992 – 1501,3992
= **721,9000**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{1501,3992}{15}$ = 100,0933

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{138,0158}{3}$ = 46,0053

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{1062,9175}{3}$ = 354,3058

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{300,4658}{9}$ = 33,3851

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{721,9000}{32}$ = 22,5594

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{100,0933}{22,5594}$ = $4,44^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{46,0053}{22,5594}$ = $2,04^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{354,3058}{22,5594}$ = $15,71^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{33,3851}{22,5594}$ = $1,48^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	1501,3992	100,0933	$4,44^{*}$	1,99	*
Biochar	3	138,0158	46,0053	$2,04^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	1062,9175	354,3058	15,71*	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	300,4658	33,3851	$1,48^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	721,9000	22,5594			
Total	47	2223,2992				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{22,5594}}{50,05}$ x 100%
= 9,49%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{22,5594}{3.4}} = 1,3711$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 1,3711
= 5,2541

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P2	P3	P1	P0	
		53,26	52,88	52,14	41,93	
P2	53,26	$0,00^{tn}$				a
P3	52,88	$0,38^{tn}$	$0,00^{tn}$			a
P1	52,14	$1,12^{tn}$	$0,74^{tn}$	$0,00^{tn}$		a
P0	41,93	$11,33^{*}$	$10,95^{*}$	$10,21^{*}$	$0,00^{tn}$	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 12. Analisis Ragam Jumlah Tongkol

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (tongkol) ----------					
	1	1	1	1	1	4	1,00
B0	2	1	1	1	1	4	1,00
	3	1	1	1	1	4	1,00
Total		3	3	3	3	12	
Rataan		1,00	1,00	1,00	1,00		1,00
	1	1	1	1	1	4	1,00
B1	2	1	1	1	1	4	1,00
	3	1	1	1	1	4	1,00
Total		3	3	3	3	12	
Rataan		1,00	1,00	1,00	1,00		1,00
	1	1	1	1	1	4	1,00
B2	2	1	1	1	2	5	1,25
	3	1	1	1	1	4	1,00
Total		3	3	3	4	13	
Rataan		1,00	1,00	1,00	1,33		1,08
	1	1	1	1	1	4	1,00
B3	2	1	1	1	1	4	1,00
	3	1	1	1	1	4	1,00
Total		3	3	3	3	12	
Rataan		1,00	1,00	1,00	1,00		1,00
Total		12	12	12	13	49	
Rataan		1,00	1,00	1,00	1,08		1,02

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (tongkol) ----------					
B0	3	3	3	3	12	1,00
B1	3	3	3	3	12	1,00
B2	3	3	3	4	13	1,08
B3	3	3	3	3	12	1,00
Total	12	12	12	13	49	4,08
Rata-rata	1,00	1,00	1,00	1,08	1,02	1,02

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{49^2}{4.4.3} = 50{,}020833$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$
$= (1)^2 + (1)^2 + \ldots. + (1)^2 - 50{,}020833$
$=$ **0,979167**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$
$= \frac{[(4)^2 + (4)^2 + \cdots + (4)^2]}{3} - 50{,}020833$
$=$ **0,312500**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$
$= \frac{[(12)^2 + (12)^2 + \cdots + (12)^2]}{3.4} - 50{,}020833$
$=$ **0,062500**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$
$= \frac{[(12)^2 + (12)^2 + \cdots + (13)^2]}{3.4} - 50{,}020833$
$=$ **0,062500**

JK (BxP) $=$ JKp – JK (B) – JK (P)
$= 0{,}312500 - 0{,}062500 - 0{,}062500$
$=$ **0,187500**

JK Galat = JKT – JKp
= 0,979167 – 0,312500
= **0,666667**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{0{,}312500}{15}$ = 0,020833

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{0{,}062500}{3}$ = 0,020833

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{0{,}062500}{3}$ = 0,020833

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{0{,}187500}{9}$ = 0,020833

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{0{,}666667}{32}$ = 0,020833

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}020833}{0{,}020833}$ = $1{,}00^{tn}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}020833}{0{,}020833}$ = $1{,}00^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}020833}{0{,}020833}$ = $1{,}00^{tn}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{0{,}020833}{0{,}020833}$ = $1{,}00^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	0,312500	0,020833	$1{,}00^{tn}$	1,99	tn
Biochar	3	0,062500	0,020833	$1{,}00^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	0,062500	0,020833	$1{,}00^{tn}$	2,90	tn
Biochar x Pupuk	9	0,187500	0,020833	$1{,}00^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	0,666667	0,020833			
Total	47	0,979167				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{0{,}020833}}{1{,}02}$ x 100%
= 14,14%

Lampiran 13. Analisis Ragam Bobot Basah Tongkol

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (g) ----------					
	1	155,04	160,61	178,25	182,25	676,15	169,04
B0	2	152,49	158,96	167,18	181,97	660,60	165,15
	3	153,78	161,18	166,79	179,58	661,33	165,33
Total		461,31	480,75	512,22	543,80	1998,08	
Rataan		153,77	160,25	170,74	181,27		166,51
	1	157,06	168,96	178,80	189,61	694,43	173,61
B1	2	151,60	167,47	174,39	190,46	683,92	170,98
	3	153,91	156,09	174,59	184,03	668,62	167,16
Total		462,57	492,52	527,78	564,10	2046,97	
Rataan		154,19	164,17	175,93	188,03		170,58
	1	149,08	163,33	182,08	184,25	678,74	169,69
B2	2	144,58	161,46	173,58	189,13	668,75	167,19
	3	137,79	155,03	173,18	188,88	654,88	163,72
Total		431,45	479,82	528,84	562,26	2002,37	
Rataan		143,82	159,94	176,28	187,42		166,86
	1	151,62	168,80	169,81	186,64	676,87	169,22
B3	2	149,79	167,98	182,80	185,58	686,15	171,54
	3	147,59	159,25	173,96	190,82	671,62	167,91
Total		449,00	496,03	526,57	563,04	2034,64	
Rataan		149,67	165,34	175,52	187,68		169,55
Total		1804,33	1949,12	2095,41	2233,20	8082,06	
Rataan		150,36	162,43	174,62	186,10		168,38

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (g) ----------					
B0	461,31	480,75	512,22	543,80	1998,08	166,51
B1	462,57	492,52	527,78	564,10	2046,97	170,58
B2	431,45	479,82	528,84	562,26	2002,37	166,86
B3	449,00	496,03	526,57	563,04	2034,64	169,55
Total	1804,33	1949,12	2095,41	2233,20	8082,06	673,51
Rata-rata	150,36	162,43	174,62	186,10	168,38	168,38

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{8082{,}06^2}{4.4.3} = 1360827$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (155{,}04)^2 + (152{,}49)^2 + \ldots. + (190{,}82)^2 - 1360827$

$=$ **9569,2399**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(676{,}15)^2 + (660{,}60)^2 + \cdots + (671{,}62)^2]}{3} - 1360827$

$=$ **8987,6770**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(1998{,}08)^2 + (2046{,}97)^2 + \cdots + (2034{,}64)^2]}{3.4} - 1360827$

$=$ **144,3294**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(1804{,}33)^2 + (1949{,}12)^2 + \cdots + (2233{,}20)^2]}{3.4} - 1360827$

$=$ **8556,4475**

JK (BxP) $= JKp - JK\ (B) - JK\ (P)$

$= 8987{,}6770 - 144{,}3294 - 8556{,}4475$

$=$ **286,9000**

JK Galat = JKT – JKp
= 9569,2399 – 8987,6770
= **581,5629**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{8987,6770}{15}$ = 599,1785

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{144,3294}{3}$ = 48,1098

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{8556,4475}{3}$ = 2852,1492

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{286,9000}{9}$ = 31,8778

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{581,5629}{32}$ = 18,1738

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{599,1785}{18,1738}$ = $32,97^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{48,1098}{18,1738}$ = $2,65^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{2852,1492}{18,1738}$ = $156,94^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{31,8778}{18,1738}$ = $1,75^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	8987,6770	599,1785	$32,97^{*}$	1,99	*
Biochar	3	144,3294	48,1098	$2,65^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	8556,4475	2852,1492	$156,94^{*}$	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	286,9000	31,8778	$1,75^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	581,5629	18,1738			
Total	47	9569,2399				

Keterangan : * = signifikan ($p<0.05$), tn = tidak signifikan ($p\geq0.05$)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{18,1738}}{168,38}$ x 100%
= 2,53%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{18,1738}{3.4}} = 1,2306$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 1,2306
= 4,7158

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P3	P2	P1	P0	
		186,10	174,62	162,43	150,36	
P3	186,10	0,00^{tn}				a
P2	174,62	11,48*	0,00^{tn}			b
P1	162,43	23,67*	12,19*	0,00^{tn}		c
P0	150,36	35,74*	24,26*	12,07*	0,00^{tn}	d

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 14. Analisis Ragam Panjang Tongkol

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (cm) ----------					
	1	21	20	24	22	87	21,75
B0	2	18	20	18	19	75	18,75
	3	23	22	20	20	85	21,25
Total		62	62	62	61	247	
Rataan		20,67	20,67	20,67	20,33		20,58
	1	26	20	22	20	88	22,00
B1	2	21	18	19	24	82	20,50
	3	17	23	22	22	84	21,00
Total		64	61	63	66	254	
Rataan		21,33	20,33	21,00	22,00		21,17
	1	25	17	21	21	84	21,00
B2	2	16	20	19	22	77	19,25
	3	18	19	20	21	78	19,50
Total		59	56	60	64	239	
Rataan		19,67	18,67	20,00	21,33		19,92
	1	19	20	22	22	83	20,75
B3	2	21	21	23	19	84	21,00
	3	21	24	25	22	92	23,00
Total		61	65	70	63	259	
Rataan		20,33	21,67	23,33	21,00		21,58
Total		246	244	255	254	999	
Rataan		20,50	20,33	21,25	21,17		20,81

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (cm) ----------					
B0	62	62	62	61	247	20,58
B1	64	61	63	66	254	21,17
B2	59	56	60	64	239	19,92
B3	61	65	70	63	259	21,58
Total	246	244	255	254	999	83,25
Rata-rata	20,50	20,33	21,25	21,17	20,81	20,81

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{999^2}{4.4.3} = 20791{,}69$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (21)^2 + (18)^2 + \ldots. + (22)^2 - 20791{,}69$

$=$ **229,3125**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(87)^2 + (75)^2 + \cdots + (92)^2]}{3} - 20791{,}69$

$=$ **49,3125**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(247)^2 + (254)^2 + \cdots + (259)^2]}{3.4} - 20791{,}69$

$=$ **18,8958**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(246)^2 + (244)^2 + \cdots + (254)^2]}{3.4} - 20791{,}69$

$=$ **7,7292**

JK (BxP) $= JKp - JK\ (B) - JK\ (P)$

$= 49{,}3125 - 18{,}8958 - 7{,}7292$

$=$ **22,6875**

JK Galat = JKT – JKp
= 229,3125 – 49,3125
= **180,0000**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{JKp}{dbp} = \frac{49,3125}{15}$ = 3,2875

KT (B) $= \frac{JK(B)}{db(B)} = \frac{18,8958}{3}$ = 6,2986

KT (P) $= \frac{JK(P)}{db(P)} = \frac{7,7292}{3}$ = 2,5764

KT (BxP) $= \frac{JK(BxP)}{db(BxP)} = \frac{22,6875}{9}$ = 2,5208

KT Galat $= \frac{JK(G)}{db(G)} = \frac{180,0000}{32}$ = 5,6250

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{KTp}{KTG} = \frac{3,2875}{5,6250}$ = $0,58^{tn}$

F-Hitung (B) $= \frac{KT(B)}{KTG} = \frac{6,2986}{5,6250}$ = $1,12^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{KT(P)}{KTG} = \frac{2,5764}{5,6250}$ = $0,46^{tn}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{KT(BxP)}{KTG} = \frac{2,5208}{5,6250}$ = $0,45^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	49,3125	3,2875	$0,58^{tn}$	1,99	tn
Biochar	3	18,8958	6,2986	$1,12^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	7,7292	2,5764	$0,46^{tn}$	2,90	tn
Biochar x Pupuk	9	22,6875	2,5208	$0,45^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	180,0000	5,6250			
Total	47	229,3125				

Keterangan : * = signifikan ($p<0.05$), tn = tidak signifikan ($p\geq0.05$)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{KTG}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{5,6250}}{20,81}$ x 100%
= 11,40%

Lampiran 15. Analisis Ragam Diameter Tongkol

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (cm) ----------					
	1	4,15	4,00	4,15	4,20	16,50	4,13
B0	2	3,75	3,00	3,80	4,34	14,89	3,72
	3	3,75	4,07	3,70	4,00	15,52	3,88
Total		11,65	11,07	11,65	12,54	46,91	
Rataan		3,88	3,69	3,88	4,18		3,91
	1	3,71	4,34	4,52	4,25	16,82	4,21
B1	2	4,00	4,00	4,00	3,00	15,00	3,75
	3	4,23	4,15	4,54	4,25	17,17	4,29
Total		11,94	12,49	13,06	11,50	48,99	
Rataan		3,98	4,16	4,35	3,83		4,08
	1	3,70	4,00	3,90	4,43	16,03	4,01
B2	2	4,00	4,34	4,25	3,61	16,20	4,05
	3	4,00	3,71	3,90	4,25	15,86	3,97
Total		11,70	12,05	12,05	12,29	48,09	
Rataan		3,90	4,02	4,02	4,10		4,01
	1	4,00	4,52	4,16	4,21	16,89	4,22
B3	2	4,10	4,00	4,12	3,80	16,02	4,01
	3	3,80	4,20	4,00	4,34	16,34	4,09
Total		11,90	12,72	12,28	12,35	49,25	
Rataan		3,97	4,24	4,09	4,12		4,10
Total		47,19	48,33	49,04	48,68	193,24	
Rata-rata		3,93	4,03	4,09	4,06		4,03

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (cm) ----------					
B0	11,65	11,07	11,65	12,54	46,91	3,91
B1	11,94	12,49	13,06	11,50	48,99	4,08
B2	11,70	12,05	12,05	12,29	48,09	4,01
B3	11,90	12,72	12,28	12,35	49,25	4,10
Total	47,19	48,33	49,04	48,68	193,24	16,10
Rata-rata	3,93	4,03	4,09	4,06	4,03	4,03

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{193{,}24^2}{4.4.3} = 777{,}95$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (4{,}15)^2 + (3{,}75)^2 + \ldots. + (4{,}34)^2 - 777{,}95$

$=$ **4,76237**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(16{,}50)^2 + (14{,}89)^2 + \cdots + (16{,}34)^2]}{3} - 777{,}95$

$=$ **1,27703**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(46{,}91)^2 + (48{,}99)^2 + \cdots + (49{,}25)^2]}{3.4} - 777{,}95$

$=$ **0,27953**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(47{,}19)^2 + (48{,}33)^2 + \cdots + (48{,}68)^2]}{3.4} - 777{,}95$

$=$ **0,16038**

JK (BxP) $= JKp - JK\ (B) - JK\ (P)$

$= 1{,}27703 - 0{,}27953 - 0{,}16038$

$=$ **0,83712**

JK Galat = JKT – JKp
= 4,76237 – 1,27703
= **3,48533**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{1,27703}{15}$ = 0,08514

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{0,27953}{3}$ = 0,09318

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{0,16038}{3}$ = 0,05346

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{0,83712}{9}$ = 0,09301

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{3,48533}{32}$ = 0,10892

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{0,08514}{0,10892}$ = $0,78^{tn}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{0,09318}{0,10892}$ = $0,86^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{0,05346}{0,10892}$ = $0,49^{tn}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{0,09301}{0,10892}$ = $0,85^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	1,27703	0,08514	$0,78^{tn}$	1,99	tn
Biochar	3	0,27953	0,09318	$0,86^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	0,16038	0,05346	$0,49^{tn}$	2,90	tn
Biochar x Pupuk	9	0,83712	0,09301	$0,85^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	3,48533	0,10892			
Total	47	4,76237				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{0,10892}}{4,03}$ x 100%
= 8,20%

Lampiran 16. Analisis Ragam Bobot Segar Tanaman

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (g) ----------					
	1	242,42	367,13	402,06	396,99	1408,60	352,15
B0	2	324,49	371,33	349,05	370,57	1415,44	353,86
	3	338,86	357,55	406,80	386,23	1489,44	372,36
Total		905,77	1096,01	1157,91	1153,79	4313,48	
Rataan		301,92	365,34	385,97	384,60		359,46
	1	384,66	362,78	472,38	435,75	1655,57	413,89
B1	2	350,34	389,90	361,51	497,68	1599,43	399,86
	3	358,36	362,94	433,92	450,15	1605,37	401,34
Total		1093,36	1115,62	1267,81	1383,58	4860,37	
Rataan		364,45	371,87	422,60	461,19		405,03
	1	339,02	375,31	387,35	443,05	1544,73	386,18
B2	2	342,69	376,60	395,99	443,46	1558,74	389,69
	3	334,28	380,40	411,60	418,84	1545,12	386,28
Total		1015,99	1132,31	1194,94	1305,35	4648,59	
Rataan		338,66	377,44	398,31	435,12		387,38
	1	341,12	397,50	402,02	437,04	1577,68	394,42
B3	2	336,37	363,20	422,54	448,92	1571,03	392,76
	3	332,47	398,30	412,70	400,56	1544,03	386,01
Total		1009,96	1159,00	1237,26	1286,52	4692,74	
Rataan		336,65	386,33	412,42	428,84		391,06
Total		4025,08	4502,94	4857,92	5129,24	18.515,18	
Rataan		335,42	375,25	404,83	427,44		385,73

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (g) ----------					
B0	905,77	1096,01	1157,91	1153,79	4313,48	359,46
B1	1093,36	1115,62	1267,81	1383,58	4860,37	405,03
B2	1015,99	1132,31	1194,94	1305,35	4648,59	387,38
B3	1009,96	1159,00	1237,26	1286,52	4692,74	391,06
Total	4025,08	4502,94	4857,92	5129,24	18.515,18	1542,93
Rata-rata	335,42	375,25	404,83	427,44	385,73	385,73

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{18515{,}18^2}{4.4.3} = 7141914$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT)
$$= \sum(Yijk)^2 - FK$$
$$= (242{,}42)^2 + (324{,}49)^2 + \ldots. + (400{,}56)^2 - 7141914$$
$$= \mathbf{95567{,}2946}$$

JK Perlakuan (JKp)
$$= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$$
$$= \frac{[(1408{,}60)^2 + (1415{,}44)^2 + \cdots + (1544{,}03)^2]}{3} - 7141914$$
$$= \mathbf{75002{,}9805}$$

JK (B)
$$= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$$
$$= \frac{[(4313{,}48)^2 + (4860{,}37)^2 + \cdots + (4692{,}74)^2]}{3.4} - 7141914$$
$$= \mathbf{13127{,}6112}$$

JK (P)
$$= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$$
$$= \frac{[(4025{,}08)^2 + (4502{,}94)^2 + \cdots + (5129{,}24)^2]}{3.4} - 7141914$$
$$= \mathbf{56937{,}8955}$$

JK (BxP)
$$= JKp - JK\ (B) - JK\ (P)$$
$$= 75002{,}9805 - 13127{,}6112 - 56937{,}8955$$
$$= \mathbf{4937{,}4738}$$

JK Galat = JKT – JKp
= 95567,2946 – 75002,9805
= **20564,3141**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{75002,9805}{15}$ = 5000,1987

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{13127,6112}{3}$ = 4375,8704

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{56937,8955}{3}$ = 18979,2985

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{4937,4738}{9}$ = 548,6082

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{20564,3141}{32}$ = 642,6348

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{5000,1987}{642,6348}$ = $7,78^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{4375,8704}{642,6348}$ = $6,81^{*}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{18979,2985}{642,6348}$ = $29,53^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{548,6082}{642,6348}$ = $0,85^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	75002,98	5000,20	$7,78^{*}$	1,99	*
Biochar	3	13127,61	4375,87	$6,81^{*}$	2,90	*
Pupuk	3	56937,90	18979,30	$29,53^{*}$	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	4937,47	548,61	$0,85^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	20564,31	642,63			
Total	47	95567,29				

Keterangan : * = signifikan ($p<0.05$), tn = tidak signifikan ($p\geq0.05$)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{642,6348}}{385,73}$ x 100%
= 6,57%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Biochar)

$$Sd = \sqrt{\frac{KTG}{r \times P}} = \sqrt{\frac{642{,}6348}{3.4}} = 7{,}3180$$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 7,3180
= 28,043

Tabel Matriks Nilai Tengah

Biochar	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		B1	B3	B2	B0	
		405,03	391,06	387,38	359,46	
B1	405,03	0,00^{tn}				a
B3	391,06	13,97^{tn}	0,00^{tn}			a
B2	387,38	17,65^{tn}	3,68^{tn}	0,00^{tn}		ab
B0	359,46	45,57*	31,60*	27,92^{tn}	0,00^{tn}	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

9. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

$$Sd = \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{642{,}6348}{3.4}} = 7{,}3180$$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 7,3180
= 28,043

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P3	P2	P1	P0	
		427,44	404,83	375,25	335,42	
P3	427,44	0,00^{tn}				a
P2	404,83	22,61^{tn}	0,00^{tn}			a
P1	375,25	52,19*	29,58*	0,00^{tn}		b
P0	335,42	92,01*	69,40*	39,82*	0,00^{tn}	c

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 17. Analisis Ragam Bobot Kering Tanaman

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (g) ----------					
	1	80,00	90,03	87,54	86,91	344,48	86,12
B0	2	78,57	88,56	85,66	80,87	333,66	83,42
	3	78,96	88,93	84,38	88,98	341,25	85,31
Total		237,53	267,52	257,58	256,76	1019,39	
Rataan		79,18	89,17	85,86	85,59		84,95
	1	84,87	91,32	101,58	94,50	372,27	93,07
B1	2	80,62	96,14	83,73	120,76	381,25	95,31
	3	81,43	83,48	90,76	96,98	352,65	88,16
Total		246,92	270,94	276,07	312,24	1106,17	
Rataan		82,31	90,31	92,02	104,08		92,18
	1	79,08	82,84	83,38	97,55	342,85	85,71
B2	2	80,32	86,35	84,99	105,56	357,22	89,31
	3	80,48	85,48	87,03	88,28	341,27	85,32
Total		239,88	254,67	255,40	291,39	1041,34	
Rataan		79,96	84,89	85,13	97,13		86,78
	1	78,36	99,17	88,64	102,30	368,47	92,12
B3	2	78,54	91,48	96,31	104,70	371,03	92,76
	3	79,83	96,68	101,03	88,60	366,14	91,54
Total		236,73	287,33	285,98	295,60	1105,64	
Rataan		78,91	95,78	95,33	98,53		92,14
Total		961,06	1080,46	1075,03	1155,99	4272,54	
Rataan		80,09	90,04	89,59	96,33		89,01

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (g) ----------					
B0	237,53	267,52	257,58	256,76	1019,39	84,95
B1	246,92	270,94	276,07	312,24	1106,17	92,18
B2	239,88	254,67	255,40	291,39	1041,34	86,78
B3	236,73	287,33	285,98	295,60	1105,64	92,14
Total	961,06	1080,46	1075,03	1155,99	4272,54	356,05
Rata-rata	80,09	90,04	89,59	96,33	89,01	89,01

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{4272{,}54^2}{4.4.3} = 380304$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (80{,}00)^2 + (78{,}57)^2 + \ldots. + (88{,}60)^2 - 380304$

$=$ **3720,3063**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(344{,}48)^2 + (333{,}66)^2 + \cdots + (366{,}14)^2]}{3} - 380304$

$=$ **2578,2391**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(1019{,}39)^2 + (1106{,}17)^2 + \cdots + (1105{,}64)^2]}{3.4} - 380304$

$=$ **495,6111**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(961{,}06)^2 + (1080{,}46)^2 + \cdots + (1155{,}99)^2]}{3.4} - 380304$

$=$ **1615,2503**

JK (BxP) $= JKp - JK(B) - JK(P)$

$= 2578{,}2391 - 495{,}6111 - 1615{,}2503$

$=$ **467,3777**

JK Galat = JKT – JKp
= 3720,3063 – 2578,2391
= **1142,0673**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{2578,2391}{15}$ = 171,8826

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{495,6111}{3}$ = 165,2037

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{1615,2503}{3}$ = 538,4168

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{467,3777}{9}$ = 51,9309

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{1142,0673}{32}$ = 35,6896

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{171,8826}{35,6896}$ = 4,82*

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{165,2037}{35,6896}$ = 4,63*

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{538,4168}{35,6896}$ = 15,09*

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{51,9309}{35,6896}$ = 1,46tn

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	2578,2391	171,8826	4,82*	1,99	*
Biochar	3	495,6111	165,2037	4,63*	2,90	*
Pupuk	3	1615,2503	538,4168	15,09*	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	467,3777	51,9309	1,46tn	2,19	tn
Galat	32	1142,0673	35,6896			
Total	47	3720,3063				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{35,6896}}{89,01}$ x 100%
= 6,71%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Biochar)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times P}} = \sqrt{\frac{35,6896}{3.4}} = 1,7246$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 1,7246
= 6,6085

Tabel Matriks Nilai Tengah

Biochar	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		B1	B3	B2	B0	
		92,18	92,14	86,78	84,95	
B1	92,18	$0,00^{tn}$				a
B3	92,14	$0,04^{tn}$	$0,00^{tn}$			a
B2	86,78	$5,40^{tn}$	$5,36^{tn}$	$0,00^{tn}$		ab
B0	84,95	$7,23^{*}$	$7,19^{*}$	$1,83^{tn}$	$0,00^{tn}$	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

9. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{35,6896}{3.4}} = 1,7246$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 1,7246
= 6,6085

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P3	P1	P2	P0	
		96,33	90,04	89,59	80,09	
P3	96,33	$0,00^{tn}$				a
P1	90,04	$6,29^{tn}$	$0,00^{tn}$			ab
P2	89,59	$6,75^{*}$	$0,45^{tn}$	$0,00^{tn}$		b
P0	80,09	$16,24^{*}$	$9,95^{*}$	$9,50^{*}$	$0,00^{tn}$	c

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 18. Analisis Ragam Bobot Basah Biji

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (g) ----------					
	1	61,63	78,78	84,19	86,41	311,01	77,75
B0	2	64,98	78,77	84,95	87,23	315,93	78,98
	3	61,22	77,36	86,17	84,58	309,33	77,33
Total		187,83	234,91	255,31	258,22	936,27	
Rataan		62,61	78,30	85,10	86,07		78,02
	1	68,67	81,01	85,95	84,81	320,44	80,11
B1	2	60,59	78,57	85,59	86,63	311,38	77,85
	3	63,95	79,55	80,96	87,63	312,09	78,02
Total		193,21	239,13	252,50	259,07	943,91	
Rataan		64,40	79,71	84,17	86,36		78,66
	1	65,55	81,09	83,44	89,14	319,22	79,81
B2	2	64,49	78,38	82,78	89,56	315,21	78,80
	3	64,09	78,88	84,78	87,90	315,65	78,91
Total		194,13	238,35	251,00	266,60	950,08	
Rataan		64,71	79,45	83,67	88,87		79,17
	1	61,92	75,35	85,88	85,38	308,53	77,13
B3	2	66,65	76,49	84,88	90,84	318,86	79,72
	3	61,44	76,13	85,28	89,68	312,53	78,13
Total		190,01	227,97	256,04	265,90	939,92	
Rataan		63,34	75,99	85,35	88,63		78,33
Total		765,18	940,36	1014,85	1049,79	3770,18	
Rataan		63,77	78,36	84,57	87,48		78,55

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (g) ----------					
B0	187,83	234,91	255,31	258,22	936,27	78,02
B1	193,21	239,13	252,50	259,07	943,91	78,66
B2	194,13	238,35	251,00	266,60	950,08	79,17
B3	190,01	227,97	256,04	265,90	939,92	78,33
Total	765,18	940,36	1014,85	1049,79	3770,18	314,18
Rata-rata	63,77	78,36	84,57	87,48	78,55	78,55

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{3770{,}18^2}{4.4.3} = 296130{,}30$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (61{,}63)^2 + (64{,}98)^2 + \ldots. + (89{,}68)^2 - 296130{,}30$

$=$ **4189,7244**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(311{,}01)^2 + (315{,}93)^2 + \cdots + (312{,}53)^2]}{3} - 296130{,}30$

$=$ **4075,4775**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(936{,}27)^2 + (943{,}91)^2 + \cdots + (939{,}92)^2]}{3.4} - 296130{,}30$

$=$ **8,7421**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(765{,}18)^2 + (940{,}36)^2 + \cdots + (1049{,}79)^2]}{3.4} - 296130{,}30$

$=$ **4016,0517**

JK (BxP) $= JKp - JK\ (B) - JK\ (P)$

$= 4075{,}4775 - 8{,}7421 - 4016{,}0517$

$=$ **50,6836**

JK Galat = JKT – JKp
= 4189,7244 – 4075,4775
= **114,2469**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{4075,4775}{15}$ = 271,6985

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{8,7421}{3}$ = 2,9140

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{4016,0517}{3}$ = 1338,6839

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{50,6836}{9}$ = 5,6315

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{114,2469}{32}$ = 3,5702

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{271,6985}{3,5702}$ = $76,10^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{2,9140}{3,5702}$ = $0,82^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{1338,6839}{3,5702}$ = $374,96^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{5,6315}{3,5702}$ = $1,58^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	4075,4775	271,6985	$76,10^{*}$	1,99	*
Biochar	3	8,7421	2,9140	$0,82^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	4016,0517	1338,6839	$374,96^{*}$	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	50,6836	5,6315	$1,58^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	114,2469	3,5702			
Total	47	4189,7244				

Keterangan : * = signifikan ($p<0.05$), tn = tidak signifikan ($p\geq0.05$)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{3,5702}}{78,55}$ x 100%
= 2,41%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{3,5702}{3.4}} = 0,5455$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 0,5455
= 2,0902

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P3	P2	P1	P0	
		87,48	84,57	78,36	63,77	
P3	87,48	0,00^{tn}				a
P2	84,57	2,91*	0,00^{tn}			b
P1	78,36	9,12*	6,21*	0,00^{tn}		c
P0	63,77	23,72*	20,81*	14,60*	0,00^{tn}	d

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 19. Analisis Ragam Bobot Kering Biji

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (g) ----------					
	1	20,41	25,67	24,71	20,86	91,65	22,91
B0	2	20,65	22,56	21,18	26,67	91,06	22,77
	3	20,75	20,02	20,67	21,31	82,75	20,69
Total		61,81	68,25	66,56	68,84	265,46	
Rataan		20,60	22,75	22,19	22,95		22,12
	1	20,42	22,34	24,95	21,85	89,56	22,39
B1	2	20,54	24,79	21,68	20,23	87,24	21,81
	3	20,15	21,65	25,73	21,34	88,87	22,22
Total		61,11	68,78	72,36	63,42	265,67	
Rataan		20,37	22,93	24,12	21,14		22,14
	1	20,26	20,16	20,15	22,48	83,05	20,76
B2	2	20,98	21,65	21,65	24,62	88,90	22,23
	3	20,54	19,64	22,32	23,89	86,39	21,60
Total		61,78	61,45	64,12	70,99	258,34	
Rataan		20,59	20,48	21,37	23,66		21,53
	1	20,62	23,63	20,86	23,46	88,57	22,14
B3	2	20,87	22,88	24,65	24,74	93,14	23,29
	3	21,00	23,25	21,40	23,65	89,30	22,33
Total		62,49	69,76	66,91	71,85	271,01	
Rataan		20,83	23,25	22,30	23,95		22,58
Total		247,19	268,24	269,95	275,10	1060,48	
Rataan		20,60	22,35	22,50	22,93		22,09

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (g) ----------					
B0	61,81	68,25	66,56	68,84	265,46	22,12
B1	61,11	68,78	72,36	63,42	265,67	22,14
B2	61,78	61,45	64,12	70,99	258,34	21,53
B3	62,49	69,76	66,91	71,85	271,01	22,58
Total	247,19	268,24	269,95	275,10	1060,48	88,37
Rata-rata	20,60	22,35	22,50	22,93	22,09	22,09

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{1060{,}48^2}{4.4.3} = 23429{,}54$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT)
$= \sum(Yijk)^2 - FK$
$= (20{,}41)^2 + (20{,}65)^2 + \ldots. + (23{,}65)^2 - 23429{,}54$
$=$ **158,7599**

JK Perlakuan (JKp)
$= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$
$= \frac{[(91{,}65)^2 + (91{,}06)^2 + \cdots + (89{,}30)^2]}{3} - 23429{,}54$
$=$ **78,9812**

JK (B)
$= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$
$= \frac{[(265{,}46)^2 + (265{,}67)^2 + \cdots + (271{,}10)^2]}{3.4} - 23429{,}54$
$=$ **6,7566**

JK (P)
$= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$
$= \frac{[(247{,}19)^2 + (268{,}24)^2 + \cdots + (275{,}10)^2]}{3.4} - 23429{,}54$
$=$ **37,8457**

JK (BxP)
$=$ JKp – JK (B) – JK (P)
$= 78{,}9812 - 6{,}7566 - 37{,}8457$
$=$ **34,3789**

JK Galat = JKT – JKp
= 158,7599 – 78,9812
= **79,7787**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{78,9812}{15} = 5,2654$

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{6,7566}{3} = 2,2522$

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{37,8457}{3} = 12,6152$

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{34,3789}{9} = 3,8199$

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{79,7787}{32} = 2,4931$

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{5,2654}{2,4931} = 2,11^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{2,2522}{2,4931} = 0,90^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{12,6152}{2,4931} = 5,06^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{3,8199}{2,4931} = 1,53^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	78,9812	5,2654	$2,11^{*}$	1,99	*
Biochar	3	6,7566	2,2522	$0,90^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	37,8457	12,6152	$5,06^{*}$	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	34,3789	3,8199	$1,53^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	79,7787	2,4931			
Total	47	158,7599				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{2,4931}}{22,09}$ x 100%
= 7,15%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{2,4931}{3.4}} = 0,4558$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 0,4558
= 1,7466

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P3	P2	P1	P0	
		22,93	22,50	22,35	20,60	
P3	22,93	0,00^{tn}				a
P2	22,50	0,43^{tn}	0,00^{tn}			a
P1	22,35	0,57^{tn}	0,14^{tn}	0,00^{tn}		a
P0	20,60	2,33*	1,90*	1,75*	0,00^{tn}	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 20. Analisis Ragam Kemanisan Biji

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (°Brix) ----------					
	1	9	8	9	10	36	9,00
B0	2	8	8	10	8	34	8,50
	3	9	9	8	8	34	8,50
Total		26	25	27	26	104	
Rataan		8,67	8,33	9,00	8,67		8,67
	1	9	9	8	9	35	8,75
B1	2	9	11	11	10	41	10,25
	3	8	10	8	9	35	8,75
Total		26	30	27	28	111	
Rataan		8,67	10,00	9,00	9,33		9,25
	1	8	9	10	11	38	9,50
B2	2	8	10	9	10	37	9,25
	3	9	8	11	9	37	9,25
Total		25	27	30	30	112	
Rataan		8,33	9,00	10,00	10,00		9,33
	1	8	8	10	11	37	9,25
B3	2	9	9	11	9	38	9,50
	3	9	8	8	12	37	9,25
Total		26	25	29	32	112	
Rataan		8,67	8,33	9,67	10,67		9,33
Total		103	107	113	116	439	
Rata-rata		8,58	8,92	9,42	9,67		9,15

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (°Brix) ----------					
B0	26	25	27	26	104	8,67
B1	26	30	27	28	111	9,25
B2	25	27	30	30	112	9,33
B3	26	25	29	32	112	9,33
Total	103	107	113	116	439	36,6
Rata-rata	8,58	8,92	9,42	9,67	9,15	9,15

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{439^2}{4.4.3} = 4015{,}021$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (9)^2 + (8)^2 + \ldots. + (12)^2 - 4015{,}021$

$=$ **55,97917**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(36)^2 + (34)^2 + \cdots + (37)^2]}{3} - 4015{,}021$

$=$ **23,31250**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(104)^2 + (111)^2 + \cdots + (112)^2]}{3.4} - 4015{,}021$

$=$ **3,72917**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(103)^2 + (107)^2 + \cdots + (116)^2]}{3.4} - 4015{,}021$

$=$ **8,56250**

JK (BxP) $=$ JKp – JK (B) – JK (P)

$= 23{,}31250 - 3{,}72917 - 8{,}56250$

$=$ **11,02083**

JK Galat = JKT – JKp
= 55,97917 – 23,31250
= **32,66667**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{23{,}31250}{15}$ = 1,55417

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{3{,}72917}{3}$ = 1,24306

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{8{,}56250}{3}$ = 2,85417

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{11{,}02083}{9}$ = 1,22454

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{32{,}66667}{32}$ = 1,02083

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{1{,}55417}{1{,}02083}$ = $1{,}52^{tn}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{1{,}24306}{1{,}02083}$ = $1{,}22^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{2{,}85417}{1{,}02083}$ = $2{,}80^{tn}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{1{,}22454}{1{,}02083}$ = $1{,}20^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	23,31250	1,55417	$1{,}52^{tn}$	1,99	tn
Biochar	3	3,72917	1,24306	$1{,}22^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	8,56250	2,85417	$2{,}80^{tn}$	2,90	tn
Biochar x Pupuk	9	11,02083	1,22454	$1{,}20^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	32,66667	1,02083			
Total	47	55,97917				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan (p≥0.05)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{1{,}02083}}{9{,}15}$ x 100%
= 11,05%

Lampiran 21. Analisis Ragam Serapan P (Brangkasan)

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (mg/tanaman) ----------					
	1	59,59	73,42	63,80	63,50	260,31	65,08
B0	2	42,26	56,91	57,45	38,29	194,91	48,73
	3	53,47	78,02	49,20	55,59	236,28	59,07
Total		155,32	208,35	170,45	157,38	691,50	
Rataan		51,77	69,45	56,82	52,46		57,63
	1	47,31	79,96	65,55	53,30	246,12	61,53
B1	2	58,75	67,46	39,84	101,53	267,58	66,90
	3	44,31	62,55	46,68	67,91	221,45	55,36
Total		150,37	209,97	152,07	222,74	735,15	
Rataan		50,12	69,99	50,69	74,25		61,26
	1	59,86	66,32	70,24	71,40	267,82	66,96
B2	2	47,11	69,89	66,81	56,19	240,00	60,00
	3	52,14	67,79	65,65	50,47	236,05	59,01
Total		159,11	204,00	202,70	178,06	743,87	
Rataan		53,04	68,00	67,57	59,35		61,99
	1	43,82	89,74	60,57	54,18	248,31	62,08
B3	2	52,04	65,39	47,84	76,64	241,91	60,48
	3	52,86	74,88	61,74	53,30	242,78	60,70
Total		148,72	230,01	170,15	184,12	733,00	
Rataan		49,57	76,67	56,72	61,37		61,08
Total		613,52	852,33	695,37	742,30	2903,52	
Rataan		51,13	71,03	57,95	61,86		60,49

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (mg/tanaman) ----------					
B0	155,32	208,35	170,45	157,38	691,50	57,63
B1	150,37	209,97	152,07	222,74	735,15	61,26
B2	159,11	204,00	202,70	178,06	743,87	61,99
B3	148,72	230,01	170,15	184,12	733,00	61,08
Total	613,52	852,33	695,37	742,30	2903,52	241,96
Rata-rata	51,13	71,03	57,95	61,86	60,49	60,49

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{2903{,}52^2}{4.4.3} = 175633{,}92$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (59{,}59)^2 + (42{,}26)^2 + \ldots. + (53{,}30)^2 - 175633{,}92$

$=$ **7679,9222**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(260{,}31)^2 + (194{,}91)^2 + \cdots + (242{,}78)^2]}{3} - 175633{,}92$

$=$ **3829,6429**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(691{,}50)^2 + (735{,}15)^2 + \cdots + (733{,}00)^2]}{3.4} - 175633{,}92$

$=$ **136,8543**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(613{,}52)^2 + (852{,}33)^2 + \cdots + (742{,}30)^2]}{3.4} - 175633{,}92$

$=$ **2484,5707**

JK (BxP) $=$ JKp – JK (B) – JK (P)

$= 3829{,}6429 - 136{,}8543 - 2484{,}5707$

$=$ **1208,2179**

JK Galat = JKT – JKp
= 7679,9222 – 3829,6429
= **3850,2793**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{JKp}{dbp} = \frac{3829,6429}{15}$ = 255,3095

KT (B) $= \frac{JK(B)}{db(B)} = \frac{136,8543}{3}$ = 45,6181

KT (P) $= \frac{JK(P)}{db(P)} = \frac{2484,5707}{3}$ = 828,1902

KT (BxP) $= \frac{JK(BxP)}{db(BxP)} = \frac{1208,2179}{9}$ = 134,2464

KT Galat $= \frac{JK(G)}{db(G)} = \frac{3850,2793}{32}$ = 120,3212

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{KTp}{KTG} = \frac{255,3095}{120,3212}$ = $2,12^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{KT(B)}{KTG} = \frac{45,6181}{120,3212}$ = $0,38^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{KT(P)}{KTG} = \frac{828,1902}{120,3212}$ = $6,88^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{KT(BxP)}{KTG} = \frac{134,2464}{120,3212}$ = $1,12^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	3829,6429	255,3095	$2,12^{*}$	1,99	*
Biochar	3	136,8543	45,6181	$0,38^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	2484,5707	828,1902	$6,88^{*}$	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	1208,2179	134,2464	$1,12^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	3850,2793	120,3212			
Total	47	7679,9222				

Keterangan : * = signifikan (p<0.05), tn = tidak signifikan

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{KTG}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{120,3212}}{60,49}$ x 100%
= 18,13%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{120,3212}{3.4}} = 3,1665$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 3,1665
= 12,1341

Tabel Matriks Nilai Tengah

Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P1	P3	P2	P0	
		71,03	61,86	57,95	51,13	
P1	71,03	0,00^{tn}				a
P3	61,86	9,17^{tn}	0,00^{tn}			ab
P2	57,95	13,08*	3,91^{tn}	0,00^{tn}		b
P0	51,13	19,90*	10,73^{tn}	6,82^{tn}	0,00^{tn}	b

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 22. Analisis Ragam Serapan P (Biji)

Biochar	Ulangan	Pupuk Fosfor				Subtotal	Rataan Perlakuan
		P0	P1	P2	P3		
		---------- (mg/tanaman) ----------					
	1	65,76	98,21	104,40	72,95	341,32	85,33
B0	2	77,22	94,36	85,81	103,64	361,03	90,26
	3	69,96	73,16	94,18	77,27	314,57	78,64
Total		212,94	265,73	284,39	253,86	1016,92	
Rataan		70,98	88,58	94,80	84,62		84,74
	1	68,33	89,64	121,20	77,97	357,14	89,29
B1	2	62,36	90,24	99,97	67,94	320,51	80,13
	3	75,12	84,73	130,69	79,22	369,76	92,44
Total		205,81	264,61	351,86	225,13	1047,41	
Rataan		68,60	88,20	117,29	75,04		87,28
	1	62,74	73,72	90,67	83,23	310,36	77,59
B2	2	75,90	91,02	108,85	83,12	358,89	89,72
	3	70,50	76,81	106,45	94,73	348,49	87,12
Total		209,14	241,55	305,97	261,08	1017,74	
Rataan		69,71	80,52	101,99	87,03		84,81
	1	69,64	94,01	105,83	81,97	351,45	87,86
B3	2	68,70	85,14	113,34	92,68	359,86	89,97
	3	73,81	97,14	103,41	79,92	354,28	88,57
Total		212,15	276,29	322,58	254,57	1065,59	
Rataan		70,72	92,10	107,53	84,86		88,80
Total		840,04	1048,18	1264,80	994,64	4147,66	
Rataan		70,00	87,35	105,40	82,89		86,41

Tabel Dua Arah

Biochar	Pupuk Fosfor				Total	Rata-rata
	P0	P1	P2	P3		
	---------- (mg/tanaman) ----------					
B0	212,94	265,73	284,39	253,86	1016,92	84,74
B1	205,81	264,61	351,86	225,13	1047,41	87,28
B2	209,14	241,55	305,97	261,08	1017,74	84,81
B3	212,15	276,29	322,58	254,57	1065,59	88,80
Total	840,04	1048,18	1264,80	994,64	4147,66	345,64
Rata-rata	70,00	87,35	105,40	82,89	86,41	86,41

Keterangan : B = Perlakuan Jenis Biochar. B0 = Kontrol; B1 = Biochar Sekam Padi;
B2 = Biochar Batang Singkong; B3 = Biochar Tongkol Jagung. P = Perlakuan Pupuk.
P0 = 0 kg SP-36 ha^{-1}, P1 = 125 kg SP-36 ha^{-1}, P2 = 150 kg SP-36 ha^{-1}, P3 = 175 kg SP-36 ha^{-1}.

1. Derajat Bebas (db)

Perlakuan	= 15
Biochar (B)	= 3
Pupuk (P)	= 3
Ulangan (r)	= 3
db Total	= (B.P.r) – 1 = (4.4.3) – 1 = 47
db Perlakuan	= (B.P) – 1 = (4.4) – 1 = 15
db Biochar	= (B - 1) = (4 - 1) = 3
db Pupuk Fosfor	= (P - 1) = (4- 1) = 3
db Interaksi (B x P)	= (B - 1)(P - 1) = (4 - 1)(4 - 1) = 9
db Galat	= db Total – db Perlakuan = 47 – 15 = 32

2. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Yij^2}{B.P.r} = \frac{4147,66^2}{4.4.3} = 358397,57$$

3. Jumlah Kuadrat (JK)

JK Total (JKT) $= \sum(Yijk)^2 - FK$

$= (65,76)^2 + (77,22)^2 + \ldots. + (79,92)^2 - 358397,57$

$=$ **11617,5448**

JK Perlakuan (JKp) $= \frac{\sum(\sum Yk)^2}{r} - FK$

$= \frac{[(341,32)^2 + (361,03)^2 + \cdots + (354,28)^2]}{3} - 358397,57$

$=$ **9008,2643**

JK (B) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.P} - FK$

$= \frac{[(1016,92)^2 + (1047,41)^2 + \cdots + (1065,59)^2]}{3.4} - 358397,57$

$=$ **141,6568**

JK (P) $= \frac{\sum(\sum Yi)^2}{r.B} - FK$

$= \frac{[(840,04)^2 + (1048,18)^2 + \cdots + (994,64)^2]}{3.4} - 358397,57$

$=$ **7717,1179**

JK (BxP) $=$ JKp – JK (B) – JK (P)

$= 9008,2643 - 141,6568 - 7717,1179$

$=$ **1149,4897**

JK Galat = JKT – JKp
= 11617,5448 – 9008,2643
= **2609,2805**

4. Kuadrat Tengah (KT)

KT Perlakuan (KTp) $= \frac{\text{JKp}}{\text{dbp}} = \frac{9008,2643}{15}$ = 600,5510

KT (B) $= \frac{\text{JK(B)}}{\text{db(B)}} = \frac{141,6568}{3}$ = 47,2189

KT (P) $= \frac{\text{JK(P)}}{\text{db(P)}} = \frac{7717,1179}{3}$ = 2572,3726

KT (BxP) $= \frac{\text{JK(BxP)}}{\text{db(BxP)}} = \frac{1149,4897}{9}$ = 127,7211

KT Galat $= \frac{\text{JK(G)}}{\text{db(G)}} = \frac{2609,2805}{32}$ = 81,5400

5. F-Hitung

F-Hitung Perlakuan $= \frac{\text{KTp}}{\text{KTG}} = \frac{600,5510}{81,5400}$ = $7,37^{*}$

F-Hitung (B) $= \frac{\text{KT(B)}}{\text{KTG}} = \frac{47,2189}{81,5400}$ = $0,58^{tn}$

F-Hitung (P) $= \frac{\text{KT(P)}}{\text{KTG}} = \frac{2572,3726}{81,5400}$ = $31,55^{*}$

F-Hitung (BxP) $= \frac{\text{KT(BxP)}}{\text{KTG}} = \frac{127,7211}{81,5400}$ = $1,57^{tn}$

6. Tabel ANOVA

Sumber Keragaman (SK)	DB	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hit	F Tabel 0.05	Ket.
Perlakuan	15	9008,2643	600,5510	$7,37^{*}$	1,99	*
Biochar	3	141,6568	47,2189	$0,58^{tn}$	2,90	tn
Pupuk	3	7717,1179	2572,3726	$31,55^{*}$	2,90	*
Biochar x Pupuk	9	1149,4897	127,7211	$1,57^{tn}$	2,19	tn
Galat	32	2609,2805	81,5400			
Total	47	11617,5448				

Keterangan : * = signifikan ($p<0.05$), tn = tidak signifikan ($p\geq0.05$)

7. Koefisien Keragaman (KK)

KK $= \frac{\sqrt{\text{KTG}}}{\text{Rataan Total}}$ x 100%
$= \frac{\sqrt{81,5400}}{86,41}$ x 100%
= 10,45%

8. Uji Lanjut BNJ pada Taraf 0,05 (Perlakuan Pupuk)

Sd $= \sqrt{\frac{KTG}{r \times B}} = \sqrt{\frac{81,5400}{3.4}} = 2,6067$

$HSD_{(0,05)}$ = q (0,05, 4, 32)
= 3,832 x 2,6067
= 9,9890

Tabel Matriks Nilai Tengah

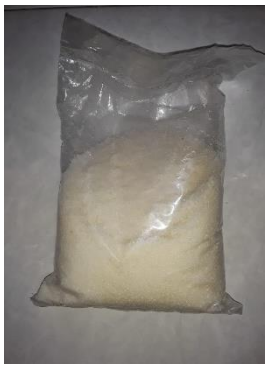
Pupuk	Nilai Tengah	Selisih Nilai Tengah				Notasi
		P2	P1	P3	P0	
		105,40	87,35	82,89	70,00	
P2	105,40	0,00^{tn}				a
P1	87,35	18,05*	0,00^{tn}			b
P3	82,89	22,51*	4,46^{tn}	0,00^{tn}		b
P0	70,00	35,40*	17,35*	12,88*	0,00^{tn}	c

Keterangan : * = Signifikan (Selisih >BNJ Hitung), ^{tn} = Tidak Signifikan (Selisih < BNJ Hitung)

Lampiran 23. Dokumentasi Penelitian



Benih Jagung Manis NB Super F1



Pupuk Urea



Pupuk Fosfor



Pupuk Kalium



Alat Pembuatan Biochar Sederhana/Drum



Biochar Sekam Padi



Biochar Batang Singkong



Biochar Tongkol Jagung



Media Tanam

Lampiran 23. Dokumentasi Penelitian (Lanjutan)



Timbangan



Sekop



Ayakan



Gembor



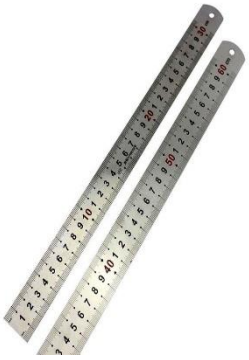
Polybag (45 × 45 cm)



pH Meter Tanah



Ajir Bambu



Penggaris



Meteran

Lampiran 23. Dokumentasi Penelitian (Lanjutan)



Gunting



Tali Rafia



Jangka Sorong



SPAD



Amplop



Plastik



Pisau



Alat tulis



Alat Dokumentasi

Lampiran 23. Dokumentasi Penelitian (Lanjutan)



Pembersihan Lingkungan *Greenhouse*



Analisis Tanah Awal



Persiapan Media Tanam



Pemberian Kode Penelitian



Penimbangan Perlakuan Biochar



Pengaplikasian Perlakuan Biochar



Penimbangan Pupuk



Pengaplikasi Pupuk



Perendaman Benih Jagung Manis

Lampiran 23. Dokumentasi Penelitian (Lanjutan)



Penanaman Benih Jagung Manis



Penyiraman



Pemasangan Ajir



Pengamatan Pengukuran Pertumbuhan



Pencatatan Data Pengamatan



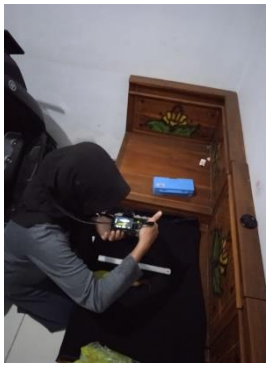
Pengamatan Pengukuran SPAD



Pemanenan



Penimbangan Hasil Panen



Dokumentasi Parameter Pengamatan

Lampiran 23. Dokumentasi Penelitian (Lanjutan)



Pengambilan Sampel Tanah



Pengeringan Sampel



Penimbangan Sampel

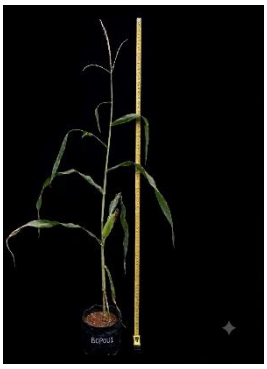


Pengambilan Larutan



Analisis Tanah Akhir

Lampiran 24. Dokumentasi Tanaman Jagung Manis dengan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor 70 HST



B0P0U1



B0P0U2



B0P0U3



B0P1U1



B0P1U2



B0P1U3



B0P2U1



B0P2U2



B0P2U3

Lampiran 24. Dokumentasi Tanaman Jagung Manis dengan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor 70 HST (Lanjutan)



B0P3U1



B0P3U2



B0P3U3



B1P0U1



B1P0U2



B1P0U3



B1P1U1



B1P1U2



B1P1U3

Lampiran 24. Dokumentasi Tanaman Jagung Manis dengan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor 70 HST (Lanjutan)



B1P2U1



B1P2U2



B1P2U3



B1P3U1



B1P3U2



B1P3U3



B2P0U1



B2P0U2



B2P0U3

Lampiran 24. Dokumentasi Tanaman Jagung Manis dengan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor 70 HST (Lanjutan)



B2P1U1



B2P1U2



B2P1U3



B2P2U1



B2P2U2



B2P2U3



B2P3U1



B2P3U2



B2P3U3

Lampiran 24. Dokumentasi Tanaman Jagung Manis dengan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor 70 HST (Lanjutan)



B3P0U1



B3P0U2



B3P0U3



B3P1U1



B3P1U2



B3P1U3



B3P2U1



B3P2U2



B3P2U3

Lampiran 24. Dokumentasi Tanaman Jagung Manis dengan Jenis Biochar dan Dosis Pupuk Fosfor 70 HST (Lanjutan)



B3P3U1



B3P3U2



B3P3U3

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Irma Istiqomah, lahir di Boyolali pada tanggal 8 Februari 2004. Penulis merupakan anak kedua dari Bapak Sakuat dengan Ibu Sumarni. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Seboto tamat pada tahun 2016, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Ampel tamat pada tahun 2019, serta Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Ampel tamat pada tahun 2022.

Tahun 2022 penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Diponegoro Semarang pada Program Studi S-1 Agroekoteknologi, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, UNDIP. Penulis berhasil mempertahankan Laporan Praktik Kerja Lapangan yang berjudul "Teknik Budidaya Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) di Kebun Budidaya JT Farm, Desa Penggarit, Kecamatan Taman, Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah" pada tanggal 23 Desember 2024. Selama menempuh pendidikan di Universitas Diponegoro, penulis aktif di organisasi diantaranya Himpunan Mahasiswa Departemen Pertanian 2023-2024 dan 2024-2025. Penulis juga mengikuti kegiatan LKTI Mahasiswa pada tahun 2024.