

## **RESPONSE OF MUNG BEAN (*Vigna radiata L.*) TO RESIDUAL EFFECTS OF VARIOUS TYPES OF BIOCHAR IN THE SECOND YEAR AND NPK FERTILIZER DOSAGE ON ULTISOL SOIL**

## **RESPON TANAMAN KACANG HIJAU (*Vigna radiata L.*) TERHADAP RESIDU BERBAGAI JENIS BIOCHAR TAHUN KEDUA DAN DOSIS PUPUK NPK DI TANAH ULTISOL**

Sri Yusnaini<sup>1\*</sup>, Muhammad Nurdin<sup>1</sup>, Kuswanta Futas Hidayat<sup>1</sup>, dan Alwi Tri Anwari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

\* Corresponding Author. E-mail address: [sri.yusnaini@fp.unila.ac.id](mailto:sri.yusnaini@fp.unila.ac.id)

### **ABSTRACT**

#### **KEYWORDS:**

Biochar, mung bean, NPK fertilizer, Ultisol soil

#### **KATA KUNCI:**

Biochar, kacang hijau, pupuk NPK, tanah Ultisol

Mung bean (*Vigna radiata L.*) imports in Indonesia remain high due to insufficient domestic production. One strategy to improve productivity is through proper soil management and fertilization to support optimal plant growth and yield. This study aimed to evaluate the effects of second-year residual biochar from various sources and NPK fertilizer rates on the growth and yield of mung bean. The experiment was conducted at the Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung, using a  $4 \times 3$  factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. The first factor was the type of second-year residual biochar: no biochar, rice husk biochar, corn cob biochar, and cassava stem biochar. The second factor was the NPK fertilizer rate: no fertilizer, half the recommended dose, and the full recommended dose. Homogeneity of variance was tested using Bartlett's test, and additivity was tested using Tukey's test. Data that met the assumptions were analyzed using ANOVA and continued with the Least Significant Difference (LSD) test at a 5% significance level. The results showed that second-year residual biochar from various sources had no significant effect on the growth or yield of mung bean. In contrast, the application of NPK fertilizer had a significant effect on increasing plant height, number of leaves, number of branches, number of pods, pod weight, seed weight, and fresh and dry biomass weight. No interaction was observed between the type of second-year residual biochar and NPK fertilizer rates on mung bean growth and yield parameters

### **ABSTRAK**

Impor kacang hijau (*Vigna radiata L.*) di Indonesia masih tinggi karena produksi dalam negeri belum mencukupi kebutuhan. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas adalah melalui pengelolaan tanah dan pemupukan yang tepat guna mendukung pertumbuhan serta hasil tanaman secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh residu berbagai jenis biochar pada tahun kedua dan dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) secara faktorial  $4 \times 3$  dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah jenis residu biochar tahun kedua: tanpa biochar, biochar dari sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong. Faktor kedua adalah dosis pupuk NPK, terdiri atas: tanpa pupuk, setengah dosis anjuran, dan dosis penuh sesuai anjuran. Homogenitas varians diuji menggunakan Uji Bartlett dan aditivitas diuji dengan Uji Tukey. Data yang memenuhi asumsi dianalisis menggunakan ANOVA, dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa residu biochar tahun kedua dari berbagai bahan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan maupun hasil kacang hijau. Sebaliknya, aplikasi pupuk NPK memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, jumlah polong, bobot polong, bobot biji, serta bobot berangkas basah dan kering. Tidak ditemukan interaksi antara jenis residu biochar tahun kedua dan dosis pupuk NPK terhadap parameter pertumbuhan dan hasil kacang hijau.

## 1. PENDAHULUAN

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) merupakan tanaman pangan dari famili leguminosae yang memiliki tingkat impor dengan volume cukup tinggi di Indonesia. Perdagangan kacang hijau Indonesia pada tahun 2024 menunjukkan nilai negatif, artinya nilai impor lebih tinggi dari nilai ekspor. Menurut data Badan Pusat Statistik (2024), impor kacang hijau Indonesia mencapai 13.709 ton atau setara 13,735 juta US\$, sementara volume ekspor kacang hijau Indonesia hanya mencapai 2.133 ton atau setara 2,119 juta US\$ (Pusdatin, 2024). Tingginya nilai impor terjadi karena produktivitas kacang hijau di dalam negeri masih rendah, tidak sejalan dengan permintaan konsumen yang meningkat.

Masalah penting dalam budidaya tanaman kacang hijau adalah rendahnya kesuburan tanah, terutama di Provinsi Lampung yang didominasi tanah Ultisol (Prasetyo & Suriadikarta, 2006). Jenis tanah ini memiliki pH tanah yang masam berkisar 4,02 – 5,68 dan C-organik sebesar 0,57 % - 1,34% sehingga ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroba di dalam tanah rendah (Handayani & Karnilawati, 2018). Jenis tanah ini juga memiliki nilai KTK rendah, kandungan Al dan fiksasi P tinggi, permeabilitas dan kemantapan agregat rendah yang menyebabkan daya mengikat air rendah dan rentan erosi (Sujana & Pura, 2015).

Penambahan bahan pemberiah tanah berupa biochar dinilai mampu memperbaiki sifat tanah. Biochar merupakan arang hasil pirolisis biomassa organik pada suhu 300-1.000°C dalam kondisi minim oksigen (Diatta dkk., 2020). Biochar mampu menetralkan pH tanah, meningkatkan KTK dan mikroba tanah, serta meningkatkan serapan unsur hara (Raj dkk., 2023). Aplikasi biochar juga memberikan manfaat melalui peningkatan efisiensi penggunaan pupuk dengan meretensi unsur hara dari pencucian (Das & Ghosh, 2020).

Penggunaan biochar yang dipadukan dengan pupuk NPK dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara makro yang esensial bagi pertumbuhan tanaman kacang hijau. Ramadhan *et al* (2022) menyatakan bahwa pemberian pupuk NPK dosis 350 kg ha<sup>-1</sup> (3,5 g/tan) pada kacang hijau varietas Vima-1, Vima-3 dan Vima-4 berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah cabang primer, dan jumlah polong per tanaman. Kombinasi biochar dan pupuk NPK akan mampu mencegah pencucian unsur hara sehingga unsur hara akan tetap tersedia (Mardiyan *et al.*, 2024).

Berdasarkan uraian di atas, residu biochar akan bertahan dalam jangka waktu lama guna memperbaiki sifat tanah dan mampu mengefisiensikan penggunaan pupuk NPK sehingga dapat menunjang pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau. Oleh karena itu, dilakukan penelitian "Respons Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap Residu Berbagai Jenis Biochar Tahun Kedua dan Dosis Pupuk NPK di Tanah Ultisol".

## 2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada Januari – Maret 2025 di Laboratorium Lapang Terpadu (5°22'10" LS dan 105°14'38" BT), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Alat yang digunakan meliputi cangkul, gergaji, meteran, sabit, jangka sorong, timbangan, oven, selang, baskom, dan alat tulis. Bahan yang digunakan antara lain tali rafia, bambu, kertas label, furadan, inokulum *rhizobium*, pupuk kandang sapi, Urea, TSP, KCl, dan air.

Penelitian ini menerapkan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial 4x3 dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah residu berbagai jenis biochar tahun kedua yang terdiri atas empat taraf, yaitu tanpa residu biochar (B<sub>0</sub>), residu biochar sekam padi (B<sub>1</sub>), residu biochar tongkol jagung (B<sub>2</sub>), dan residu biochar batang singkong (B<sub>3</sub>). Faktor kedua adalah dosis pupuk NPK dengan 3 taraf dosis, yaitu 0 dosis (P<sub>0</sub>), ½ dosis pupuk NPK (Urea 25 kg ha<sup>-1</sup>, TSP 50 kg ha<sup>-1</sup>, KCl 25 kg ha<sup>-1</sup>) (P<sub>1</sub>), dan 1 dosis pupuk NPK (Urea 50 kg ha<sup>-1</sup>, TSP 100 kg ha<sup>-1</sup>, KCl 50 kg ha<sup>-1</sup>) (P<sub>2</sub>). Setiap kombinasi perlakuan diulang 3 kali sehingga terdapat 36 petak perlakuan. Data pengamatan dilakukan uji homogenitas ragam

dengan uji Bartlett, lalu uji aditivitas menggunakan uji Tukey. Data yang memenuhi asumsi kemudian dianalisis pengaruhnya menggunakan analisis ragam (Anova). Perbedaan nilai tengah perlakuan diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

Pelaksanaan penelitian terdiri berbagai tahapan, meliputi pengolahan lahan, penanaman benih kacang hijau, penyulaman, penyiraman, pemupukan, pengendalian OPT, dan pemanenan. Variabel yang diamati antara lain tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, diameter batang, umur berbunga, jumlah polong, bobot polong, bobot biji, bobot berangkasan basah, bobot berangkasan kering, *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE), dan keasaman tanah.

Rumus *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE):

$$\text{RAE} = \frac{\text{Hasil pupuk yang diuji} - \text{kontrol}}{\text{Hasil pupuk standar} - \text{kontrol}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: nilai RAE standar = 100 %; nilai RAE > 100% = efektif; nilai RAE < 100% = tidak efektif.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Residu Berbagai Biochar Tahun Kedua dan Dosis Pupuk NPK terhadap Tanaman Kacang Hijau

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 1), interaksi antara kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel tanaman yang diamati. Namun, perlakuan pupuk NPK memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil produksi kacang hijau, terutama pada tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, jumlah polong, bobot polong, bobot biji, bobot berangkasan basah, serta bobot berangkasan kering. Sedangkan, perlakuan residu biochar hanya memberikan pengaruh nyata terhadap variabel keasaman tanah. Hal tersebut sesuai dengan Sika (2012) yang menyatakan biochar mampu memberikan perbaikan sifat tanah. Biochar dapat menetralkan pH tanah sehingga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara. Sedangkan pupuk NPK mengandung unsur hara makro yang dapat memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman. Menurut Lingga & Marsono (2008), pupuk NPK memiliki kandungan unsur hara berupa nitrogen, fosfor, dan kalium yang berperan dalam pembentukan klorofil, membantu proses fotosintesis, sintesis protein dan karbohidrat sehingga membantu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau.

Tabel 1. Rekapitulasi sidik ragam pengaruh residu berbagai jenis biochar tahun kedua dan dosis pupuk npk terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau

No	Variabel Pengamatan	Residu Biochar (B)	Dosis Pupuk NPK (P)	Interaksi (B x P)
1	Tinggi Tanaman	tn	*	tn
2	Jumlah Daun	tn	*	tn
3	Jumlah Cabang	tn	*	tn
4	Diameter Batang	tn	tn	tn
5	Umur Berbunga	tn	tn	tn
6	Jumlah Polong	tn	*	tn
7	Bobot Polong	tn	*	tn
8	Bobot Biji	tn	*	tn
9	Bobot Basah Berangkasan	tn	*	tn
10	Bobot Kering Berangkasan	tn	*	tn
11	Keasaman Tanah	*	tn	tn
12	Intensitas Serangan Hama	tn	tn	tn

Keterangan: (tn) tidak berbeda nyata pada taraf  $\alpha$  5%, (\*) berbeda nyata pada taraf  $\alpha$  5%.

### 3.2 Tinggi Tanaman

Tabel 2. Pengaruh dosis pupuk N, P, dan K terhadap tinggi tanaman kacang hijau

Perlakuan	Minggu Setelah Tanam (mst)					
	2	3	4	5	6	7
Dosis Pupuk NPK (P)	Nilai (cm)					
P <sub>0</sub>	16,83 <sup>a</sup>	22,87 <sup>b</sup>	29,82 <sup>c</sup>	43,07 <sup>c</sup>	56,91 <sup>c</sup>	64,83 <sup>c</sup>
P <sub>1</sub>	17,97 <sup>a</sup>	25,62 <sup>a</sup>	32,68 <sup>b</sup>	45,56 <sup>b</sup>	61,19 <sup>b</sup>	69,91 <sup>b</sup>
P <sub>2</sub>	18,99 <sup>a</sup>	25,83 <sup>a</sup>	34,90 <sup>a</sup>	48,40 <sup>a</sup>	65,84 <sup>a</sup>	75,43 <sup>a</sup>
BNT 5%	2,59	1,52	1,23	2,42	2,52	2,33

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. (P<sub>0</sub>) kontrol/0 dosis pupuk NPK, (P<sub>1</sub>) ½ dosis pupuk NPK, (P<sub>2</sub>) 1 dosis pupuk NPK

Tabel 3. Pengaruh dosis pupuk N, P, dan K terhadap jumlah daun tanaman kacang hijau

Perlakuan	Minggu Setelah Tanam (mst)					
	2	3	4	5	6	7
Dosis Pupuk NPK (P)	Nilai (helai)					
P <sub>0</sub>	5,12 <sup>c</sup>	8,57 <sup>c</sup>	11,58 <sup>c</sup>	17,68 <sup>c</sup>	27,18 <sup>c</sup>	33,38 <sup>c</sup>
P <sub>1</sub>	5,52 <sup>b</sup>	9,80 <sup>b</sup>	12,82 <sup>b</sup>	19,07 <sup>b</sup>	28,15 <sup>b</sup>	34,40 <sup>b</sup>
P <sub>2</sub>	5,90 <sup>a</sup>	11,25 <sup>a</sup>	14,30 <sup>a</sup>	20,88 <sup>a</sup>	28,93 <sup>a</sup>	35,33 <sup>a</sup>
BNT 5%	0,10	0,45	0,46	0,65	0,47	0,47

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. (P<sub>0</sub>) kontrol/0 dosis pupuk NPK, (P<sub>1</sub>) ½ dosis pupuk NPK, (P<sub>2</sub>) 1 dosis pupuk NPK

Hasil uji lanjut BNT taraf 5% (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) memberikan pengaruh terbaik pada variabel tinggi tanaman disemua waktu pengamatan. Perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) menunjukkan hasil tinggi tanaman yang berbeda nyata dengan perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) dan 0 dosis pemupukan (P<sub>0</sub>) hampir pada semua waktu pengamatan, kecuali pada 3 mst. Perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) menunjukkan hasil tinggi tanaman berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (P<sub>0</sub>) hampir pada semua waktu pengamatan, kecuali pada 2 mst. Supandji *et al.* (2021) menjelaskan bahwa ketersediaan pupuk NPK mampu mempengaruhi proses pembelahan atau perpanjangan sel selama fase vegetatif dan membantu pertumbuhan tanaman untuk mencapai tingkat perkembangan yang optimal. Pupuk NPK sangat berperan dalam fase vegetatif tanaman karena mengandung unsur hara nitrogen yang cukup. Selain itu, unsur fosfor dalam pupuk NPK juga berperan penting dalam pembentukan akar yang kuat sehingga mampu menunjang penyerapan air dan hara secara lebih efisien. Unsur kalium yang terkandung di dalamnya berfungsi dalam memperkuat jaringan tanaman serta meningkatkan ketahanan terhadap cekaman lingkungan.

### 3.3 Jumlah Daun

Berdasarkan hasil uji lanjut BNT taraf 5% (Tabel 3), perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) dan 0 dosis pemupukan (P<sub>0</sub>) pada semua waktu pengamatan. Perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) menunjukkan jumlah daun yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol/0 dosis pemupukan (P<sub>0</sub>) pada semua waktu pengamatan. Perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) memberikan pengaruh jumlah daun terbaik pada semua waktu pengamatan.

Pramitasari *et al* (2016) menyatakan bahwa pupuk NPK mengandung nitrogen yang berperan penting dalam pembentukan klorofil pada proses fotosintesis. Fotosintat yang dihasilkan dari proses tersebut kemudian dimanfaatkan untuk mendukung pertumbuhan organ tanaman. Dengan demikian,

ketersediaan nitrogen yang cukup melalui pupuk NPK akan berpengaruh langsung terhadap peningkatan laju pertumbuhan dan produktivitas tanaman kacang hijau.

### 3.4 Jumlah Cabang

Hasil uji lanjut BNT taraf 5% (Tabel 4) menunjukkan bahwa perlakuan 1 dosis pupuk NPK ( $P_2$ ) menunjukkan pengaruh berbeda nyata dengan perlakuan  $\frac{1}{2}$  dosis pupuk NPK ( $P_1$ ) dan 0 dosis pemupukan ( $P_0$ ) pada semua waktu pengamatan. Perlakuan  $\frac{1}{2}$  dosis pupuk NPK ( $P_1$ ) menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol/0 dosis pemupukan ( $P_0$ ) pada semua waktu pengamatan. Perlakuan 1 dosis pupuk NPK ( $P_2$ ) menunjukkan pengaruh jumlah cabang tertinggi pada semua waktu pengamatan.

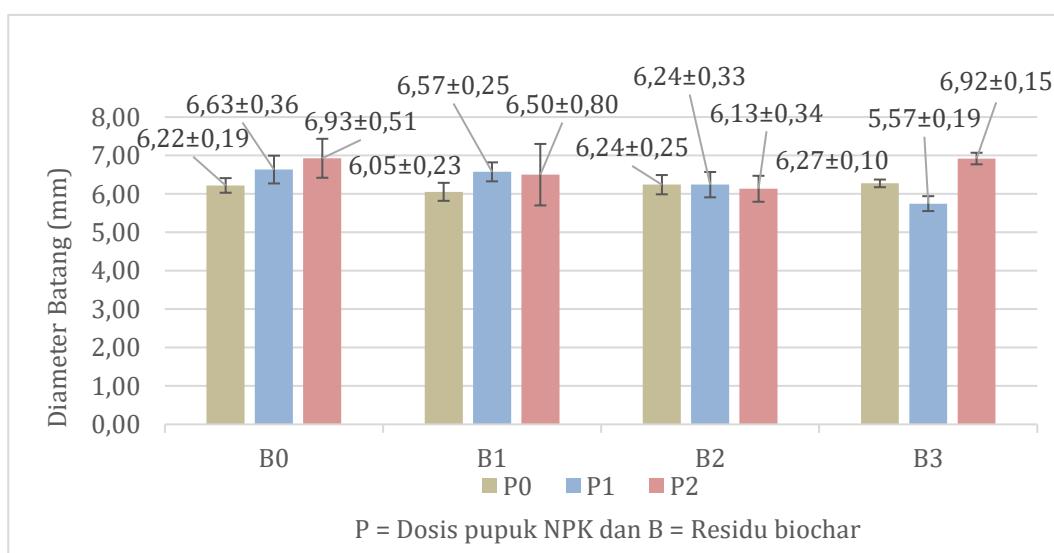
### 3.5 Diameter Batang

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan residu berbagai jenis biochar tahun kedua, dosis pupuk NPK, dan interaksi antara kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap diameter batang tanaman kacang hijau. Hal ini karena diameter batang memiliki respon terhadap faktor eksternal yang kurang sensitif dan lebih didominasi oleh faktor internal atau genetik tanaman.

Tabel 4. Pengaruh dosis pupuk N, P, dan K terhadap jumlah cabang tanaman kacang hijau

Perlakuan	Minggu Setelah Tanam (mst)					
	2	3	4	5	6	7
Dosis Pupuk NPK (P)	Nilai (tangkai)					
$P_0$	1,18 <sup>c</sup>	2,30 <sup>c</sup>	3,48 <sup>c</sup>	6,68 <sup>c</sup>	12,32 <sup>c</sup>	15,43 <sup>c</sup>
$P_1$	1,52 <sup>b</sup>	2,68 <sup>b</sup>	4,02 <sup>b</sup>	7,52 <sup>b</sup>	13,05 <sup>b</sup>	16,17 <sup>b</sup>
$P_2$	1,83 <sup>a</sup>	3,05 <sup>a</sup>	4,65 <sup>a</sup>	8,23 <sup>a</sup>	13,75 <sup>a</sup>	16,68 <sup>a</sup>
BNT 5%	0,26	0,23	0,25	0,15	0,24	0,22

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. ( $P_0$ ) kontrol/0 dosis pupuk NPK, ( $P_1$ )  $\frac{1}{2}$  dosis pupuk NPK, ( $P_2$ ) 1 dosis pupuk NPK.



Gambar 1. Pengaruh residu berbagai jenis biochar tahun kedua dan dosis pupuk N, P, dan K terhadap diameter batang tanaman kacang hijau. Tongkat pada bar menunjukkan nilai *standar error*.

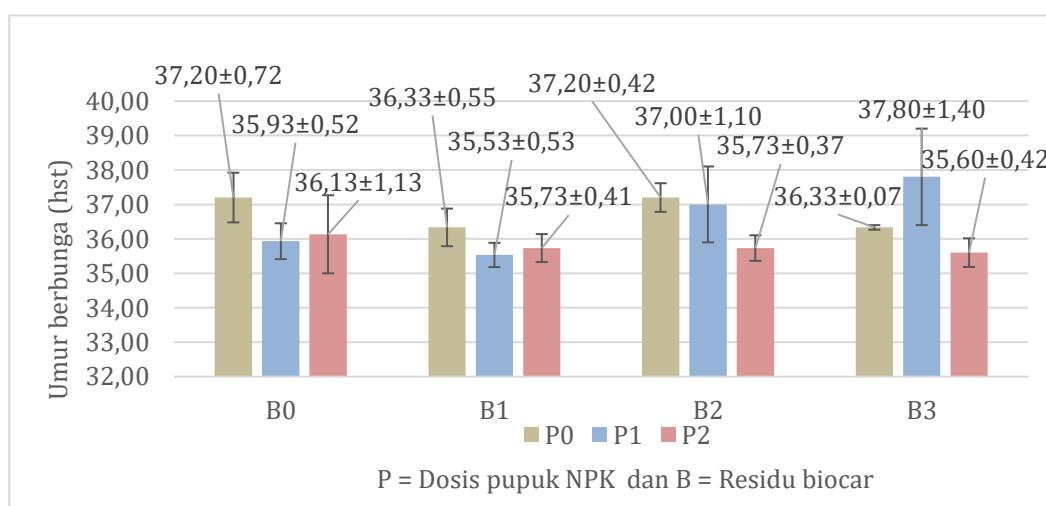
Hasil penelitian Widiastuti *et al.* (2023) menyatakan bahwa varietas tanaman memberikan respon yang berbeda terhadap diameter batang tanaman kacang hijau. Selanjutnya, data diameter batang dianalisis menggunakan *standar error of mean* (Gambar 1). Berdasarkan hasil analisis, kombinasi perlakuan P<sub>2</sub> (1 dosis pupuk NPK) dengan B<sub>0</sub> (tanpa residu biochar) menunjukkan nilai diameter batang tanaman kacang hijau tertinggi, yaitu 6,93 mm. Sedangkan, nilai diameter batang tanaman kacang hijau terendah terdapat pada kombinasi perlakuan P<sub>1</sub> (½ dosis pupuk NPK) dengan B<sub>3</sub> (residu biochar batang singkong), yaitu 5,57 mm.

### 3.6 Umur Berbunga

Perlakuan residu berbagai jenis biochar tahun kedua, dosis pupuk NPK, dan interaksi antara kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap variabel umur berbunga. Berdasarkan nilai *standar error of mean* (Gambar 2), data umur berbunga terbaik terdapat pada kombinasi perlakuan P<sub>2</sub> (1 dosis pupuk NPK) dan B<sub>3</sub> (residu biochar batang singkong), yaitu kisaran 35,60 (36 hari). Sedangkan, kombinasi perlakuan P<sub>1</sub> (½ dosis pupuk NPK) dengan B<sub>3</sub> (residu biochar batang singkong) menunjukkan nilai umur berbunga terendah, yaitu kisaran 37,80 (38 hari). Sama halnya dengan variabel diameter batang, variabel umur berbunga juga memiliki respon yang kurang sensitif terhadap ketersediaan unsur hara. Sopandie (2013) mengemukakan bahwa secara fisiologis, umur berbunga dikendalikan oleh gen pembungan, yang bekerja berdasarkan usia fisiologis dan pengaruh lingkungan seperti cahaya dan suhu, bukan secara langsung oleh ketersediaan unsur hara. Dengan kata lain, faktor genetik dan kondisi lingkungan memiliki peran dominan dalam menentukan waktu berbunga, sementara ketersediaan unsur hara hanya berfungsi sebagai penunjang dalam mendukung proses pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

### 3.7 Jumlah Polong

Berdasarkan hasil uji lanjut BNT taraf 5% (Tabel 5), perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) memberikan hasil jumlah polong terbaik daripada perlakuan lainnya, yaitu 28 polong pertanaman. Perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) dan 0 dosis pemupukan (P<sub>0</sub>). Perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol/0 dosis pemupukan (P<sub>0</sub>). Perlakuan kontrol/0 dosis pupuk NPK (P<sub>0</sub>) menunjukkan hasil jumlah polong kacang hijau terendah, yaitu 22 polong pertanaman.



Gambar 2. Pengaruh residu berbagai jenis biochar tahun kedua dan dosis pupuk N, P, dan K terhadap umur berbunga tanaman kacang hijau. Tongkat pada bar menunjukkan nilai *standar error*

Tabel 5. Pengaruh dosis pupuk N, P, dan K terhadap jumlah polong tanaman kacang hijau

Perlakuan	Jumlah Polong (buah)
Dosis Pupuk NPK	
P <sub>0</sub> (0 dosis pupuk NPK)	22,22 <sup>b</sup>
P <sub>1</sub> (½ dosis pupuk NPK)	23,57 <sup>b</sup>
P <sub>2</sub> (1 dosis pupuk NPK)	28,00 <sup>a</sup>
BNT 5%	3,44

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%

Tabel 6. Pengaruh dosis pupuk N, P, dan K terhadap bobot polong tanaman kacang hijau

Perlakuan	Bobot Polong (g)
Dosis Pupuk NPK	
P <sub>0</sub> (0 dosis pupuk NPK)	17,90 <sup>b</sup>
P <sub>1</sub> (½ dosis pupuk NPK)	19,30 <sup>b</sup>
P <sub>2</sub> (1 dosis pupuk NPK)	22,68 <sup>a</sup>
BNT 5%	3,25

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%

### 3.8 Bobot Polong

Berdasarkan hasil uji lanjut BNT taraf 5% (Tabel 6), perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) memberikan pengaruh terbaik terhadap variabel bobot polong, yaitu 22,68 g/tanaman. Perlakuan 1 dosis pupuk NPK menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) dan 0 dosis pemupukan (P<sub>0</sub>). Perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) tidak menunjukkan pengaruh berbeda nyata dengan perlakuan kontrol atau 0 dosis pemupukan (P<sub>0</sub>). Perlakuan kontrol/0 dosis pupuk NPK (P<sub>0</sub>) menunjukkan hasil bobot polong kacang hijau terendah, yaitu 17,90 g/tanaman. Aminah dkk. (2023) menyatakan bahwa unsur fosfor (P) dalam pupuk NPK diperlukan tanaman pada fase generatif untuk mendukung proses pembentukan bunga dan buah. Ketersediaan fosfor yang cukup pada fase tersebut akan mempercepat pembungaan dan meningkatkan jumlah buah yang terbentuk secara optimal. Selain itu, menurut Lestari (2016), unsur kalium (K) berfungsi sebagai aktivator enzim dalam sintesis protein, sehingga berperan dalam metabolisme karbohidrat serta pembentukan protein yang pada akhirnya dapat meningkatkan hasil panen. Dengan demikian, ketersediaan fosfor dan kalium yang cukup mampu mendorong peningkatan kualitas serta kuantitas produksi tanaman kacang hijau.

### 3.9 Bobot Biji

Hasil uji lanjut BNT taraf 5% (Tabel 7) menunjukkan bahwa perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) memberikan pengaruh bobot biji terbaik, yaitu 2,23 kg/tanaman. Perlakuan 1 dosis pupuk NPK (P<sub>2</sub>) memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan ½ dosis pupuk NPK (P<sub>1</sub>) dan 0 dosis pemupukan (P<sub>0</sub>). Nilai bobot biji berbanding lurus dengan produksi per hektar. Semakin tinggi nilai bobot biji, maka produksi per hektar juga akan tinggi. Perlakuan 1 dosis NPK menunjukkan produksi per hektar tertinggi, yaitu sebesar 2,78 ton/ha, berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Murdaningsih (2014) menjelaskan bahwa kandungan unsur hara dalam pupuk NPK mampu mengoptimalkan laju fotosintesis sehingga menghasilkan fotosintat dalam jumlah lebih banyak. Fotosintat yang melimpah tersebut kemudian dialokasikan untuk mendukung pembentukan organ generatif, seperti bunga, polong, dan biji, sehingga berdampak pada peningkatan hasil panen. Peningkatan fotosintat tersebut akan berpengaruh pada peningkatan hasil biji tanaman. Unsur fosfor (P) dan kalium (K) memiliki peran penting pada fase generatif sehingga dapat meningkatkan

produktivitas tanaman. Oleh karena itu, pemupukan NPK yang tepat sangat diperlukan untuk menunjang efisiensi fotosintesis dan menghasilkan pertumbuhan serta hasil panen yang lebih optimal.

### 3.10 Bobot Berangkasan Basah

Hasil uji lanjut BNT taraf 5% (Tabel 8) menunjukkan bahwa perlakuan 1 dosis pupuk NPK ( $P_2$ ) memberikan hasil tertinggi terhadap variabel bobot berangkasan basah tanaman kacang hijau, yaitu 76,05 g/tanaman. Perlakuan 1 dosis pupuk NPK menunjukkan hasil bobot berangkasan basah yang berbeda nyata dengan perlakuan  $\frac{1}{2}$  dosis pupuk NPK ( $P_1$ ) dan 0 dosis pemupukan ( $P_0$ ). Perlakuan kontrol/0 dosis pupuk NPK ( $P_0$ ) menunjukkan hasil bobot berangkasan basah tanaman kacang hijau terendah, yaitu 52,75 g/tanaman. Menurut Rosyida dan Nugroho (2017), bobot segar (bobot berangkasan basah) mencerminkan hasil akumulasi fotosintat yang terbentuk selama pertumbuhan tanaman dan menjadi indikator dari jumlah unsur hara yang berhasil diserap. Semakin optimal penyerapan hara oleh tanaman, maka proses fotosintesis juga akan berlangsung lebih efektif. Hasilnya, produksi karbohidrat dari proses asimilasi akan meningkat, yang berdampak pada naiknya bobot segar tanaman. Dengan demikian, peningkatan bobot segar dapat dijadikan tolok ukur keberhasilan perlakuan budidaya yang diberikan pada tanaman. Hal ini juga menunjukkan bahwa tanaman memiliki kapasitas pertumbuhan yang baik sehingga berpotensi menghasilkan produksi yang lebih tinggi.

### 3.11 Bobot Berangkasan Kering

Berdasarkan uji lanjut BNT taraf % (Tabel 9), perlakuan 1 dosis pupuk NPK ( $P_2$ ) memberikan hasil tertinggi terhadap variabel bobot berangkasan kering tanaman kacang hijau, yaitu 21,23 g/tanaman. Perlakuan 1 dosis pupuk NPK berbeda nyata dengan perlakuan  $\frac{1}{2}$  dosis pupuk NPK ( $P_1$ ) dan 0 dosis pemupukan ( $P_0$ ). Perlakuan kontrol/0 dosis pupuk NPK ( $P_0$ ) menunjukkan hasil bobot berangkasan basah tanaman kacang hijau terendah, yaitu 15,80 g/tanaman. Bobot berangkasan kering memiliki hubungan yang erat dengan bobot segar (berangkasan basah).

Tabel 7. Pengaruh dosis pupuk N, P, dan K terhadap bobot biji tanaman kacang hijau

Perlakuan	Bobot Biji (kg)	Produksi per Hektar (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Dosis Pupuk NPK</b>		
$P_0$ (0 dosis pupuk NPK)	1,68 <sup>b</sup>	2,10 <sup>b</sup>
$P_1$ (1/2 dosis pupuk NPK)	1,83 <sup>b</sup>	2,29 <sup>b</sup>
$P_2$ (1 dosis pupuk NPK)	2,23 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>
BNT 5%	0,24	0,30

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

Tabel 8. Pengaruh dosis pupuk N, P, dan K terhadap bobot berangkasan basah tanaman kacang hijau

Perlakuan	Bobot berangkasan basah (g)
<b>Dosis Pupuk NPK</b>	
$P_0$ (0 dosis pupuk NPK)	52,75 <sup>b</sup>
$P_1$ (1/2 dosis pupuk NPK)	57,82 <sup>b</sup>
$P_2$ (1 dosis pupuk NPK)	76,05 <sup>a</sup>
BNT 5%	12,51

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

Hal ini sesuai Alfiandi *et al.* (2022), penurunan bobot segar akan diikuti oleh penurunan bobot kering. Hal ini menunjukkan bahwa berkurangnya bobot segar berkaitan dengan rendahnya ketersediaan hara yang secara langsung mempengaruhi bobot kering tanaman. Dengan kata lain, bobot kering dapat mencerminkan efisiensi tanaman dalam memanfaatkan fotosintat yang dihasilkan selama pertumbuhan. Oleh karena itu, parameter bobot kering sering digunakan sebagai indikator penting untuk menilai produktivitas dan efektivitas suatu perlakuan budidaya.

### 3.12 Relative Agronomic Effectiveness (RAE)

Nilai *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) dihitung menggunakan rumus dengan membandingkan antara data produksi per hektar (Tabel 10) pada perlakuan  $P_0$  (0 dosis pupuk NPK),  $P_1$  ( $\frac{1}{2}$  dosis pupuk NPK), dan  $P_2$  (1 dosis pupuk NPK) pada masing-masing perlakuan residi berbagai jenis biochar. Berdasarkan nilai RAE (Tabel 11), perlakuan kontrol ( $P_0$ ) menunjukkan nilai RAE 0% dan perlakuan  $P_2$  sebagai pupuk standar menunjukkan nilai RAE 100%. Semua perlakuan  $P_1$  ( $\frac{1}{2}$  dosis pupuk NPK) sebagai pupuk pengujian menunjukkan nilai RAE kurang dari 100%. Artinya, perlakuan pupuk  $P_1$  dengan kombinasi berbagai jenis biochar tidak efektif dibandingkan dengan perlakuan pupuk standar.

Tabel 9. Pengaruh dosis pupuk N, P, dan K terhadap bobot berangkas kering tanaman kacang hijau

Perlakuan	Bobot berangkas kering (g)
<b>Dosis Pupuk NPK</b>	
$P_0$ (0 dosis pupuk NPK)	15,80 <sup>b</sup>
$P_1$ ( $\frac{1}{2}$ dosis pupuk NPK)	17,72 <sup>b</sup>
$P_2$ (1 dosis pupuk NPK)	21,23 <sup>a</sup>
BNT 5%	2,80

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%

Tabel 10. Data pengaruh residi berbagai jenis biochar tahun kedua dan dosis pupuk N, P, dan K terhadap produksi per hektar tanaman kacang hijau

Perlakuan	Kelompok ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			Rata-rata
	K1	K2	K3	
$B_0P_0$	2,05	1,96	2,29	2,10
$B_0P_1$	1,90	2,81	2,03	2,25
$B_0P_2$	2,20	3,38	2,55	2,71
$B_1P_0$	2,00	2,04	2,25	2,10
$B_1P_1$	1,73	2,25	2,73	2,24
$B_1P_2$	2,95	2,66	2,60	2,74
$B_2P_0$	1,93	2,06	1,98	1,99
$B_2P_1$	2,25	1,88	2,81	2,31
$B_2P_2$	2,60	2,75	2,93	2,76
$B_3P_0$	2,28	2,08	2,33	2,23
$B_3P_1$	2,63	2,05	2,40	2,36
$B_3P_2$	3,41	2,55	2,80	2,92

Keterangan: ( $B_0P_0$ ) tanpa residi biochar dan 0 dosis N, P, K; ( $B_0P_1$ ) tanpa residi biochar dan  $\frac{1}{2}$  dosis N, P, K; ( $B_0P_2$ ) tanpa residi biochar dan 1 dosis N, P, K; ( $B_1P_0$ ) kombinasi residi biochar sekam padi dan 0 dosis N, P, K; ( $B_1P_1$ ) kombinasi residi biochar sekam padi dan  $\frac{1}{2}$  dosis N, P, K; ( $B_1P_2$ ) kombinasi residi biochar sekam padi dan 1 dosis N, P, K; ( $B_2P_0$ ) kombinasi residi biochar tongkol jagung dan 0 dosis N, P, K; ( $B_2P_1$ ) kombinasi residi biochar tongkol jagung dan  $\frac{1}{2}$  dosis N, P, K; ( $B_2P_2$ ) kombinasi residi biochar tongkol jagung dan 1 dosis N, P, K; ( $B_3P_0$ ) kombinasi residi biochar batang singkong dan 0 dosis N, P, K; ( $B_3P_1$ ) kombinasi residi biochar batang singkong dan  $\frac{1}{2}$  dosis N, P, K; ( $B_3P_2$ ) kombinasi residi biochar batang singkong dan 1 dosis N, P, K

Perlakuan P<sub>1</sub> (½ dosis pupuk NPK) yang dikombinasi dengan B<sub>2</sub> (biochar tongkol jagung) menghasilkan nilai RAE tertinggi, yaitu sebesar 42%. Perlakuan P<sub>1</sub> (½ dosis pupuk NPK) yang dikombinasi dengan B<sub>3</sub> (biochar sekam padi) menunjukkan nilai RAE terendah, yaitu 19%. Menurut Sari *et al.* (2018), biochar tongkol jagung memiliki kandungan selulosa 69,937%, hemiselulosa 17,797% dan lignin 9,006%. Kandungan ini berperan dalam menyediakan karbon dan energi bagi mikroorganisme tanah, mengikat karbon, dan meningkatkan kestabilan struktur tanah. Hasil penelitian Mautuka *et al.* (2022) mengemukakan bahwa hasil analisis tanah yang diberi perlakuan tongkol jagung menunjukkan nilai KTK sebesar 28,01 meq 100 g<sup>-1</sup>, yang tergolong dalam kategori tinggi. Nilai KTK yang tinggi mencerminkan tingkat kesuburan tanah yang baik, karena meningkatnya kandungan bahan organik dan unsur hara.

### 3.13 Keasaman Tanah

Hasil uji lanjut BNT taraf 5% (Tabel 12) menunjukkan bahwa residu biochar sekam padi (B<sub>1</sub>) menghasilkan pH tanah tertinggi, yaitu sebesar 6,73. Nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (B<sub>0</sub>) dan residu biochar tongkol jagung (B<sub>2</sub>) yang masing-masing sebesar 6,72. Perlakuan residu biochar batang singkong (B<sub>3</sub>) menunjukkan pH tanah terendah dibandingkan perlakuan lainnya, yaitu sebesar 6,59. Widowati *et al.* (2024) melaporkan bahwa penambahan biochar dapat meningkatkan pH tanah yang terjadi akibat proses dekomposisi bahan organik dari musim tanam sebelumnya, di mana biochar berperan dalam melepaskan mineral berupa kation alkali seperti kalsium dan kalium, serta menambah ion hidroksida. Proses tersebut menghasilkan H<sub>2</sub>O yang berkontribusi dalam menaikkan pH tanah.

### 3.14 Intensitas Serangan Hama

Data intensitas serangan hama tidak memenuhi asumsi uji homogenitas dan aditivitas, sehingga tidak dilakukan uji analisis ragam. Selanjutnya, data intensitas serangan hama dianalisis menggunakan *standar error of mean* yang disajikan pada Gambar 3.

Tabel 11. *Relative Agronomic Effectiveness (RAE)* residu berbagai jenis biochar tahun kedua dan pupuk N, P, dan K

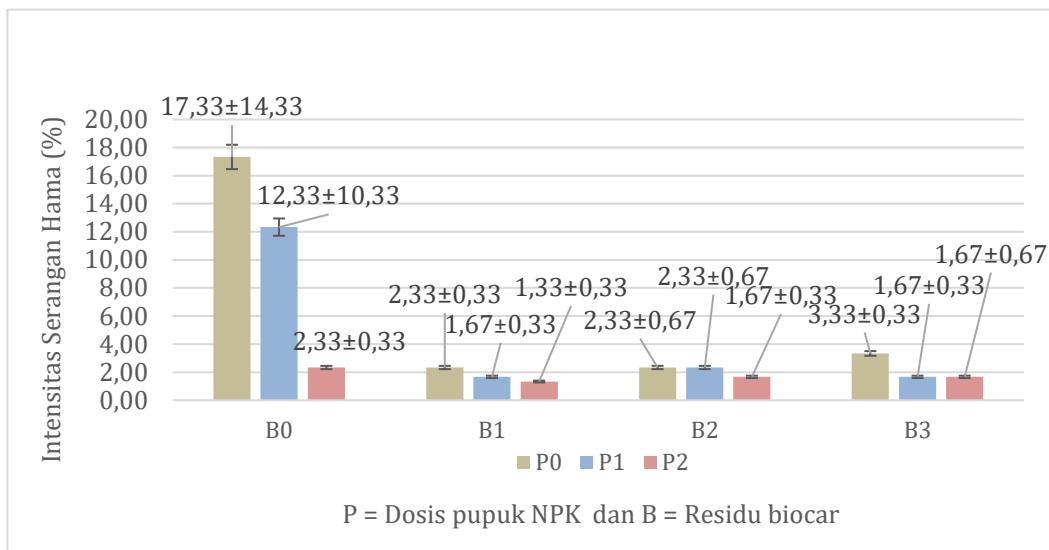
Perlakuan	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
P <sub>0</sub> (kontrol)	0%	0%	0%	0%
P <sub>1</sub> (pupuk pengujи)	24%	22%	42%	19%
P <sub>2</sub> (pupuk standar)	100%	100%	100%	100%

Keterangan: (P<sub>0</sub>) 0 dosis pemupukan; (P<sub>1</sub>) ½ dosis pupuk N, P, K; (P<sub>2</sub>) 1 dosis pupuk N, P, K; (B<sub>0</sub>) tanpa residu biochar; (B<sub>1</sub>) residu biochar sekam padi; (B<sub>2</sub>) residu biochar tongkol jagung; (B<sub>3</sub>) residu biochar batang singkong

Tabel 12. Pengaruh residu berbagai jenis biochar tahun kedua terhadap keasaman tanah

Perlakuan	Keasaman Tanah
Residu Biochar Tahun Kedua (B)	
B <sub>0</sub> (tanpa biochar)	6,72a
B <sub>1</sub> (biochar sekam padi)	6,73a
B <sub>2</sub> (biochar tongkol jagung)	6,72a
B <sub>3</sub> (biochar batang singkong)	6,59b
BNT 5%	0,10

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata menurut uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%



Gambar 3. Pengaruh residu berbagai jenis biochar tahun kedua dan dosis pupuk N, P, dan K terhadap intensitas serangan hama tanaman kacang hijau. Tongkat pada bar menunjukkan nilai standar error

Berdasarkan nilai *standar error of mean*, perlakuan tanpa biochar ( $B_0$ ) menunjukkan serangan hama lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kombinasi perlakuan tanpa biochar ( $B_0$ ) dengan 0 dosis pupuk N, P, K menunjukkan nilai intensitas serangan hama tertinggi, yaitu 17,33. Sedangkan, intensitas serangan hama terendah terdapat pada kombinasi perlakuan P2 (1 dosis pupuk NPK) dengan B1 (residu biochar sekam padi), yaitu 1,33. Mehari *et al.* (2015) menyatakan bahwa biochar dapat memodifikasi ekspresi gen pertahanan tanaman, terutama melalui jalur asam salisilat dan jasmonat yang dikenal berperan dalam sistem imun tanaman terhadap serangan hama serangga.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa residu biochar pada tahun kedua tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap seluruh variabel pertumbuhan tanaman kacang hijau. Sebaliknya, pemberian pupuk NPK dengan berbagai dosis terbukti berpengaruh nyata dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman. Beberapa variabel yang mengalami peningkatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, bobot polong, jumlah polong, bobot biji, bobot berangkasan basah, dan bobot berangkasan kering. Selain itu, tidak ditemukan adanya interaksi yang signifikan antara residu biochar tahun kedua dan dosis pupuk NPK terhadap pertumbuhan maupun hasil produksi kacang hijau.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Alfiandi, M. T. C., Hasbi, A., & Suroso, B. 2022. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman terung (*Solanum melongena L.*) terhadap pemberian pupuk organik cair azolla (*Azolla pinata*) dan pupuk P. *National Multidisciplinary Sciences*. 1(2) :123-137.
- Aminah, Saida, Nuraeni, Numba, S., Syam, N., & Palad, M. S. 2023. Respon pertumbuhan dan produksi kacang hijau terhadap pemberian pupuk organik cair herbafarm dan pupuk NPK. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. (11)2 : 103-114.
- Darmawan, E., Mulyati, & Dewi, S. A. R. 2024. Aplikasi biochar dan kombinasi pemulsaan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang hijau (*Vigna radiata L.*) pada tanah vertisol di Kabupaten Lombok Tengah. *Agroteksos*. 34(3) : 808 – 822.
- Das, S. K., & Ghosh, G. K. 2020. Soil health management through low cost biochar technology. In: *Biochar Applications in Agriculture and Environment Management*. 193–206.

- Diatta, A. A., Fike, J. H., Battaglia, M. L., Galbraith, J. M., & Baig, M. B. 2020. Effects of biochar on soil fertility and crop productivity in arid regions: a review. *Arabian Journal of Geosciences*. 13(14) : 1-17.
- Graber, E. R., Meller Harel, Y., Kolton, M., Cytryn, E., Silber, A., David, D. R., Tsechansky, L., Borenshtein, M., & Elad, Y. 2010. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. *Plant and Soil*. 337 : 481–496.
- Handayani, S., & Karnilawati. 2018. Karakteristik dan klasifikasi tanah ultisol di Kecamatan Indrajaya, Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 14(2) : 52-59.
- Ikram, I., Fathurrahman, F., & Madauna, I. S. 2024. Pertumbuhan dan hasil dua varietas kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada pemberian berbagai dosis poc limbah air tahu. *Jurnal Agrotekbis*. 12(2) : 404-414.
- Iskandar, T., & Rofiatin, U. 2017. Karakteristik biochar berdasarkan jenis biomassa dan parameter proses phyrolisis. *Jurnal Teknik Kimia*. 12(1) : 28-34.
- Lingga, P., & Marsono. 2008. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta: Penebar Swadaya. 162 hlm.
- Lestari, E. B. 2016. Pengaruh kombinasi pupuk kandang sapi dan abu sabut kelapa sebagai pupuk utama dalam budidaya tanaman brokoli (*Brassica oleracea* L.). *Planta Tropika: Journal of Agro Science*. 4(2) : 95–100.
- Mardiyan, K., Nasrul, B., & Nelvia. 2024. Pengaruh biochar cangkang kelapa sawit dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *INNOVATIVE : Journal Of Social Science Research*. 4(3) : 16840-16854.
- Mautuka, Z. A., Maifa, A., & Karbeka, M. 2022. Pemanfaatan biochar tongkol jagung guna perbaikan sifat kimia tanah lahan kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 8(1) : 201-208.
- Mehari, Z. H., Elad, Y., Rav David, D., & Graber, E. R. 2015. Biochar-mediated plant resistance to *botrytis cinerea* in arabidopsis. *Plant and Soil*. 395 : 31–44.
- Murdaningsih, M. 2014. Pengaruh dosis pupuk npk terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.). *Agrica*. 7 (1): 45-56.
- Melawati, U., Jayadi, E. M., & Jayanti, E. T. 2023. Pengaruh variasi media tanam biochar tongkol jagung terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*. 1(1) : 37-43.
- Pramitasari, H. E., Wardiyati, T., & Nawawi, M. 2016. Pengaruh dosis pupuk nitrogen dan tingkat kepadatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleraceae* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(1) : 49 – 56.
- Prasetyo, B.H. & Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik potensi dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Libtang Pertanian*. 25 (2): 39-47.
- Puspita, V., Syakur, dan Darusman. 2021. Karakteristik Biochar Sekam Padi pada Dua Temperature Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6(4) : 732 -739.
- Qiao, X., Wang, J., Liu, Q., Chen, Z., Jin, P., Du, J., Fan, J., Yin, W., Xie, Z., & Wang, X. 2022. Long-term field biochar application for rice production: Effects on soil nutrient supply, carbon sequestration, crop yield and grain minerals. *Agronomy*. 12(8), 1–13.
- Raj, A., Karol, A., Shaji, A., Pandey, R., & Gupta, H. 2023. Biochar: a comprehensive overview of its role in soil health. *International Journal of Environment and Climate Change*. 13(10) : 1621–1628.
- Ramadhan, A., Nurhayati, D. R., & Bahri, S. 2022. Pengaruh pupuk NPK mutiara (16-16-16) terhadap pertumbuhan beberapa varietas kacang hijau (*Vigna Radiata* L.). *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 18(1) : 48-52.
- Rosyida, R., & Nugroho, A. S. 2017. Pengaruh dosis pupuk NPK majemuk dan PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*) terhadap bobot basah dan kadar klorofil daun tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi*. 6(2) : 42-56.
- Sadzli, M.A., & Supriyadi, S. 2019. Pengaruh biochar sekam padi dan kompos paitan (*Tithonia diversifolia*) terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) di tanah miditeran. *AGROVIGOR*. 12(2): 102-108
- Sari, P. D., Puri, W. A., & Hanum, D. 2018. Delignifikasi bonggol jagung dengan metode microwave alkali. *Agrika*. 12(2): 164-172.
- Sika, M., 2012. Effect of biochar on chemistry, nutrient uptake and fertilizer mobility in sandy soil. *Thesis Univ. Stellenbosch* 139 p.

- Sopandie, D. 2013. *Fisiologi Adaptasi Tanaman Tropika*. IPB Press. Bogor. 244 hlm
- Sujana, I. P., & Pura, I. N. L. S., 2015. Pengelolaan tanah ultisol dengan pemberian pembenhak organik biochar menuju pertanian berkelanjutan. *AGRIMETA*. 5(9) : 1-9.
- Supandji, Saptorini, M. Muhammam, L., & Suryani. 2021. Efektifitas dosis pemupukan NPK terhadap tingkat pertumbuhan dan produksi tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L). *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*. 4(2) : 7-14.
- Widiastuti, R., Muktamar, Z., & Supriyono, E. 2023. Respon pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap pengapuran di ultisols. *Seminar Nasional Pertanian Pesisir*. 2(1) : 46-60.
- Widowati, W., Sutoyo, S., Hidayati, K., & Wahyu, F. 2020. Biochar and organic fertilizer utilization in enhancing corn yield on various types of dry land. *Agriculture and Natural Resources*, 54, 665-672.