

BAB II

TINJAUAN TEORI *BIOCHAR THREE IN ONE*, PERTUMBUHAN TANAMAN BUNCIS DAN PUPUK HAYATI

A. *Biochar Three In One*

Biochar three in one adalah sebuah produk yang menggabungkan tiga komponen utama yaitu biochar, kompos, dan mikroba tanah. Menurut Suharyatun (2021, hal 21) biochar atau biomassa *charcoal* merupakan arang kayu berpori (porous) yang dapat diperoleh dari hasil konversi kayu atau bahan organik lain seperti limbah organik (biomas pertanian) melalui pembakaran tidak sempurna atau suplai oksigen terbatas (*pyrolysis*) yang dapat memperbaiki kondisi fisik, kimia dan biologi tanah. Menurut Rajaphaksa (2016, hal 2) komponen organik biochar memiliki kandungan karbon yang tinggi dan komponen anorganik mengandung mineral, seperti Ca, Mg, K, dan karbonat anorganik (ion karbonat), bergantung pada jenis bahan bakunya. Menurut Herlambang (2020, hal 18) manfaat menambahkan biochar kedalam tanah antara lain: meningkatkan pertumbuhan tanaman, menekan emisi metan, mengurangi emisi NO (perkiraan 50%), mengurangi kebutuhan pupuk (perkiraan 10%), mengurangi pencucian hara, menyimpan karbon dalam jangka panjang secara stabil, mengurangi kemasaman tanah, meningkatkan pH tanah, mengurangi keracunan aluminium, meningkatkan agregat tanah sehingga dapat meningkatkan hifa fungi, meningkatkan air tanah dan kemampuan tanah menyediakan Ca, Mg, P dan K, meningkatkan respirasi mikroba tanah, meningkatkan biomassa mikroba tanah, menstimulasi simbiosis fiksasi nitrogen pada legum, meningkatkan fungsi mikoriza arbuskular, meningkatkan kapasitas tukar kation, meningkatkan hasil tanaman (20-120 %) dan kualitas produksi tanaman pertanian.

Wilson (2014, hal 32) menyatakan bahwa biochar yang dipadukan dengan kompos memberikan manfaat sebagai berikut :

“Meningkatkan hasil panen, mengurangi berat volume tanah, meningkatkan kapasitas menahan air tanah, menjadi lebih stabil dengan menggabungkan dengan mineral lempung, meningkatkan kapasitas tukar kation, meningkatkan pemanfaatan pupuk, dengan mengurangi pencucian dari zona akar, mempertahankan mineral dalam bentuk tersedia tanaman, mendukung kehidupan mikroba tanah dan keanekaragaman hayati, membantu tanaman melawan penyakit dan patogen, membantu tanaman tumbuh lebih baik dalam situasi garam tinggi, dan menambahkan humus karbon ke tanah, mengurangi emisi karbon ke atmosfer.”

Adapun komponen – komponen yang meliputi *biochar three in one* yaitu arang sekam padi, pupuk kompos, dan EM4 dengan pemaparan sebagai berikut :

1. Arang Sekam Padi

Arang sekam padi adalah hasil pembakaran sekam padi yang telah dipisahkan dari beras melalui proses penggilingan padi. Menurut Emmy, *et.al.* (2020, hal 680) sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras. Dalam proses penggilingan, sekam padi dibakar untuk mengurangi volumenya agar tidak terjadi penumpukan yang berlebihan. Umumnya, hasil pembakaran sekam padi tidak seluruhnya dapat dimanfaatkan karena adanya pembakaran sempurna yang menghasilkan abu sekam. Namun, melalui teknik pembakaran yang tidak sempurna, arang sekam yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai media tanam. Arang sekam memiliki kandungan karbon yang tinggi, sehingga sering digunakan sebagai media tanam.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Listiana, *et.al.* (2021, hal 3) arang sekam mempunyai kandungan SiO_2 52% dan unsur C 31% serta komposisi lainnya seperti Fe_2O_3 , K_2O , MgO , CaO , MnO dan Cu dalam jumlah yang sangat sedikit, sehingga sangat baik sebagai media tanam. Selain itu unsur hara yang terkandung pada arang sekam, meliputi: nitrogen (N) 0,32%, fosfat (P), 0,15%, kalium (K) 0,31%, calcium (Ca) 0,96%, Fe 180 ppm, Mn 80.4 ppm, Zn 14.10 ppm dan pH 8,5-9,0. Arang sekam atau sekam bakar memiliki karakteristik yang ringan

(berat jenis 0,2 kg/l), kasar sehingga sirkulasi udara tinggi, kemampuan porositas yang baik dan kemampuan menyerap air rendah.

Berdasarkan artikel yang dirilis oleh Dinas Pertanian, Pangan, dan Perikanan Bangka Selatan (2021) memaparkan manfaat dari arang sekam sebagai campuran media tanam sebagai berikut :

“Menjaga kondisi tanah tetap gembur karena memiliki porositas tinggi dan ringan, memacu pertumbuhan mikroorganisme yang berguna bagi tanaman, mengatur pH tanah pada kondisi tertentu, mempertahankan kelembaban, menyuburkan tanah dan tanaman, meningkatkan produksi tanaman, sebagai absorban untuk menekan jumlah mikroba patogen, sebagai media tanam hidroponik, dan meningkatkan daya serap dan daya ikat.”

2. Pupuk kompos

Menurut Adisarwanto (2020, hal 5) kompos merupakan pupuk organik buatan manusia yang dihasilkan dari pelapukan (dekomposisi) sisa bahan organik seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, rumput-rumputan, dedak padi, batang jagung, serta kotoran hewan yang telah mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme pengurai terhadap bahan-bahan organik dalam kondisi aerobik (memerlukan oksigen). Menurut Murbandono (2004, hal 14) penggunaan kompos sebagai pupuk sangat baik karena kompos dapat menyediakan unsur hara mikro bagi tanaman, menggemburkan tanah, memperbaiki tekstur tanah, meningkatkan porositas, aerasi dan komposisi mikroorganisme tanah, meningkatkan daya ikat tanah terhadap air, dan memudahkan pertumbuhan akar tanaman. Pupuk kompos yang digunakan dalam penelitian ini ialah hasil produksi APD Parongpong Bandung yang mempunyai komposisi seperti cocopit, sekam bakar, tanah lembang, humus, pupuk kandang yang telah dikomposkan, dan daun bambu. Media kompos ini merupakan media kompos yang sudah disediakan untuk langsung dipakai pada tanaman. Penggunaan kompos secara berkelanjutan juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia yang dapat merusak struktur tanah dalam jangka panjang.

3. EM4

Menurut Surung (2008, hal 4) EM4 merupakan suatu tambahan untuk mengoptimalkan pemanfaatan zat-zat makanan karena bakteri yang terdapat dalam EM4 dapat mencerna selulosa, pati, gula, protein dan lemak. Menurut Rahmat (2022, hal 13) EM4 mengandung 90% bakteri *Lactobacillus sp.* (bakteri penghasil asam laktat) pelarut fosfat, bakteri fotosintetik, *Streptomyces sp.*, jamur pengurai selulosa dan ragi. EM4 yang digunakan dalam penelitian ini yaitu diproduksi oleh PT. Songgolangit Persada yang memiliki manfaat antara lain memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, meningkatkan produksi tanaman dan menjaga kestabilan produksi, memfermentasi dan mendekomposisi bahan organik tanah dengan cepat, menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, menyehatkan tanaman, dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman.

Komposisi EM4 yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Komposisi EM4

Jenis	Jumlah
<i>Lactobacillus sp.</i>	4,65 x 10 ⁷ cfu/ml
<i>Saccharomyces sp.</i>	5,45 x 10 ⁶ cfu / ml
Bakteri penambat Nitrogen	+
Bakteri pelarut Fosfat	+
Bakteri penghasil Fitohormon	+
Bakteri perombak bahan organik Selulolitik	+
Bakteri perombak bahan organik Lignolitik	+
Bakteri Patogenitas	-
Logam berat Arsen (As)	0,00 ppm
Logam berat Merkuri (Hg)	0,00 ppm
Logam berat Timbal (Pb)	0,00 ppm
Logam berat Kadmium (Cd)	0,00 ppm
Logam berat Nikel (Ni)	0,00 ppm
Logam berat Kromium (Cr)	2,11 ppm

Sumber : PT. Songgolangit Persada, 2023. <https://em4.co.id/em4-pertanian/>

B. Tanaman Buncis

Menurut Ernawati (2018, hal 45) tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris L.*) merupakan salah satu jenis sayur kacang-kacangan yang berkhasiat dalam menjaga kesehatan diantaranya menurunkan tekanan darah, mengontrol metabolisme gula dalam darah, penurunan berat badan, mencegah kanker usus besar dan kanker payudara. Menurut Wirakusumah (1994, hal 4) tanaman buncis berhabitus semak atau perdu, tinggi tanaman buncis tipe merambat berkisar antara 2 meter dan memerlukan tiang untuk memanjat. Akar tanaman buncis termasuk akar tunggang dan serabut dengan percabangan lateral dangkal, batang merambat, berbengkok-bengkok, bercabang banyak, berbentuk bulat, beruas, berbulu halus, dan lunak. Daunnya berbentuk bulat telur, duduk daun berseling. Perbungaan terletak di aksilar atau terminal dengan beberapa bunga berwarna putih, merah muda, dan ungu. polong dengan panjang hingga 20 cm, lurus atau pada umumnya agak melengkung.

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Sub Class : Rosidae

Ordo : Fabales

Famili : Fabaceae

Genus : *Phaseolus*

Spesies : *Phaseolus vulgaris L.*

(Sumber : Arthur Cronquist, 1981)

Menurut Abdillah (2015, hal 9) menjelaskan kandungan kimia tanaman buncis, sebagai berikut :

“Buncis mempunyai kandungan gizi yang sangat banyak. Setiap 100 gram buncis cukup untuk memenuhi harian 20% vitamin C, 18% vitamin K dan 13% vitamin A. Selain itu, ada banyak serat dan jumlah vitamin B1, B2, B3, B6 dan B11. Buncis juga terdapat mineral seperti mangan, molibdenum, magnesium, potasium, zat besi, fosfor kalsium dan tembaga. Kandungan fitonutrien dalam buncis termasuk berbagai karotenoid dan flavonoid yang memiliki efek antioksidan kuat. Buncis mengandung lutein, beta-karoten, violaxanthin dan neoxanthin dalam buncis. Flavonoid dalam buncis

mencakup quercetin, kaemferol, catechin, procyanidin dan epicatechin. Selain itu, buncis juga mempunyai beberapa senyawa yaitu saponin, triterpenoida, steroida, stigmasterin, trigoneli, arginin, asam amino, asparagin, kholina, ranin, vasin (toksalbumin), zat pati, vitamin dan mineral.”

C. Pertumbuhan Tanaman Buncis

1. Pertumbuhan Tanaman

Menurut Sitompul dan Guritno (1995, hal 3) Pertumbuhan tanaman merupakan suatu konsep universal dalam biologi dan merupakan hasil dari berbagai proses fisiologi yang berinteraksi dalam tubuh tanaman bersama faktor luar. Ketiga proses fisiologis tersebut yaitu penambahan ukuran, bentuk, dan jumlah. Pertumbuhan tanaman mengacu pada proses di mana tanaman meningkatkan ukurannya secara fisik dan mengalami perkembangan struktural dari masa tanam hingga panen. Pertumbuhan tanaman melibatkan berbagai perubahan, termasuk perkembangan organ tanaman seperti daun, batang, akar, dan bunga. Menurut Untari dan Puspataningtyas (2006, hal 345) “..., pertumbuhan pada tanaman akan menghasilkan produksi tanaman yang baik jika dipengaruhi oleh faktor luar (faktor yang berasal dari luar tanaman) dan faktor dalam (faktor yang berasal dari sifat genetik yang dimiliki tanaman)”.

2. Faktor yang Mempengaruhi Tumbuhan Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)

a. Hormone (Faktor internal)

Tanaman bisa menghasilkan beberapa jenis hormon, yaitu: auksin, giberellin (GA), gas etilen, sitokinin, dan asam absisat (ABA). Hormon tersebut diproduksi didalam tubuh tanaman, tetapi dipengaruhi oleh kondisi eksternal (faktor luar). Interaksi antara hormon-hormon tersebut juga menentukan arah pertumbuhan serta adaptasi tanaman terhadap lingkungannya.

1) Auksin

Menurut Asra, *et al.* (2020, hal 15) auksin adalah golongan senyawa kimia yang berperan dalam mendorong terjadinya pemanjangan pada kuncup tanaman yang sedang berkembang. Hormon auksin terletak pada meristem apikal (bagian ujung tunas), daun yang masih muda, dan embrio yang terdapat dalam biji. Menurut Almira (2023, hal 27) dalam melakukan kerja, hormon auksin juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti yang dapat diuraikan seperti cahaya, gaya berat, dan kadar atau konsentrasi auksin. Menurut Asra, *et al.* (2020, hal 38) fungsi hormon auksin adalah sebagai berikut:

- a. Memacu proses pemanjangan sel (pertumbuhan)
- b. Menghambat pembentukan tunas lateral
- c. Membentuk akar adventif
- d. Merangsang terbentuknya xylem dan floem oleh kambium
- e. Menghambat rontoknya buah dan merangsang pengguguran daun (absisi)
- f. Membantu proses pembentukan buah tanpa biji

2) Giberellin Acid (GA)

Menurut Asra, *et al.* (2020, hal 89) Giberelin merupakan hormon yang berpengaruh dalam proses perkembangan dan perkecambahan karena mampu merangsang pembentukan enzim amilase yang berperan dalam pemecahan senyawa amilum didalam endosperm (cadangan makanan) tumbuhan. Giberelin acid ditransportasikan melalui xilem dan floem yang memiliki pergerakan polar. Menurut Binenbaum (2018, hal 21) fungsi hormon giberelin acid untuk tanaman yaitu:

- a. Merangsang pembelahan dan pemanjangan sel sehingga tanaman bertambah tinggi
- b. Merangsang pertumbuhan batang dan daun
- c. Bisa menghilangkan sifat kerdil tanaman
- d. Merangsang perkecambahan biji

- e. Merangsang pembentukan bunga dan buah sebelum waktunya
- f. Dapat menghasilkan buah yang tidak berbiji

3) Gas etilen

Gas etilen merupakan salah satu hormon tumbuhan yang berbentuk gas, tidak memiliki warna dan memiliki bau seperti eter. Gas etilen terletak pada buah masak (matang), buku- buku pada batang dan daun yang senesen (mengalami penuaan). Menurut Asra, *et al.* (2020, hal 111) tanaman yang terkena gas hasil pembakaran (diperkirakan adalah etilen) akan menunjukkan gejala berupa daun yang gugur, daun mengeriting, tajuk bunga kehilangan warna, batang membengkak serta penghambatan dalam elongasi dan pertumbuhan akar. Menurut Almira (2023, hal 32) fungsi utama gas etilen yaitu:

- a. Merangsang proses pematangan buah
- b. Merangsang absisi atau pengguguran daun
- c. Mendukung Epinasti
- d. Menjadi penghambat (inhibitor) dalam proses pemanjangan akar dan batang dibeberapa spesies tumbuhan.
- e. Membantu terbentuknya akar adventif dan bulu – bulu akar

4) Sitokinin

Hormon sitokinin adalah salah satu hormon pertumbuhan tanaman yang memiliki peran penting dalam pengaturan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Dewi (2008, hal 8) sitokinin terletak pada akar, embrio dan buah, berpindah dari akar ke organ lain. Menurut Almira (2023, hal 28) fungsi dari hormon sitokinin yaitu sebagai berikut:

- a. Mendorong pembelahan sel (sitokinesis) dan diferensiasi sel
- b. Mengatur dominansi apikal
- c. Menghambat proses penuaan daun
- d. Memacu pembesaran sel pada kotiledon

- e. Memacu perkembangan kloroplas dan sintesis klorofil

5) Asam Absisat (ABA)

Asam Absisat (ABA) merupakan hormon yang memiliki fungsi menghambat pertumbuhan tanaman. ABA terletak pada daun, batang, akar dan buah yang berwarna hijau serta diedarkan oleh jaringan pengangkut. Menurut Dewi (2008, hal 31) fungsi dari hormon asam absisat (ABA) yaitu:

- a. Mempertahankan proses dormansi biji
- b. Membantu proses pengguran daun atau absisi
- c. Merangsang penutupan stomata pada saat daun kekurangan air
- d. Mempengaruhi perkembangan embrio pada biji

b. Faktor Lingkungan (Faktor eksternal)

1) Unsur Hara

Unsur hara diperlukan tanaman untuk kelangsungan hidupnya sebagai sumber energi dan penyusun komponen-komponen sel bagi pertumbuhan dan perkembangan. Tanaman akan mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang baik dan memiliki kualitas yang tinggi, apabila unsur hara terpenuhi secara optimal. Secara umum, unsur hara dapat dibedakan menjadi dua, yaitu unsur hara makro dan mikro.

Menurut Purba, *et al.* (2023, hal 65) menjelaskan tentang unsur hara makro dan unsur hara mikro sebagai berikut :

“Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar. Unsur hara makro terdiri atas Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Sulfur/belerang (S), Calcium (Ca), dan Magnesium (Mg). Unsur hara makro yang diperoleh dari udara adalah Carbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O). Unsur hara mikro, yaitu unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang tidak terlalu banyak dan bervariasi tergantung jenis tanaman. Unsur hara mikro terdiri atas Klor (Cl), Zat besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Boron (B), Molibdenum (Mo).”

2) Cahaya

Cahaya matahari memiliki peran yang besar pada proses fotosintesis, karena fotosintesis tidak dapat berlangsung pada tanpa adanya cahaya matahari. Hasil fotosintesis berupa glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai sumber makanan. Kebutuhan tanaman terhadap intensitas cahaya matahari berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Menurut Zannah, *et al.* (2023, hal 204) intensitas cahaya yang berlebihan atau kurang dapat menghambat pertumbuhan tanaman karena mempengaruhi kemampuan sel-sel stomata daun dalam melakukan transportasi. Menurut Agung (2021, hal 11) umumnya tanaman buncis memerlukan cahaya matahari yang banyak sekitar 400 - 800 footcandles atau setara 4.305,56 – 8.611,13 *lux*. Untuk mendapatkan sinar matahari penuh, penanaman buncis harus di tempat terbuka.

3) Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan. Tumbuhan memiliki suhu optimum yang ideal untuk dapat tumbuh dan berkembang. Selain suhu optimum, suatu tanaman juga memiliki batas suhu maksimum dan minimum yang bisa diterima olehnya. Menurut Sumarsono (2023, hal 1) suhu berbanding lurus dengan kerja enzim, jika suhu optimal maka kerja enzim pun optimal. Jika suhu tinggi maka aktivitas enzim akan berkurang dan jika suhu terlalu rendah maka reaksi kimia didalam sel tidak dapat berjalan. Menurut Pramadio (2018, hal 4) tanaman buncis dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu udara antara 20° C - 25° C, apabila suhu lebih rendah 25° C maka akan banyak polong yang hampa (tidak berbiji).

4) Kelembapan

Tanah harus memiliki kondisi yang lembap untuk mendukung pertumbuhan tanaman terutama dalam proses perkecambahan. Menurut Agustina (2022, hal 14) tanah lembab

sangat cocok untuk pertumbuhan, terutama saat perkecambahan biji. Hal ini karena tanah lembab menyediakan cukup air untuk mengaktifkan enzim dalam biji serta melarutkan makanan dalam jaringan. Menurut Pramadio (2018, hal 5) tanaman buncis cocok ditanam di daerah yang memiliki kelembaban udara sedang yaitu antara 50% - 60%.

5) Oksigen

Tanaman memerlukan oksigen untuk proses metabolisme dalam tubuh pada proses perkecambahan biji. Tanah harus memiliki kandungan oksigen yang cukup karena dibutuhkan oleh akar untuk melakukan respirasi. Respirasi akar bermanfaat untuk penyerapan unsur hara yang ada di dalam tanah. Jika aerasi tidak berjalan baik maka akan mengganggu proses respirasi.

6) Karbon Dioksida

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman bergantung pada proses fotosintesis. Fotosintesis akan berjalan dengan baik dengan adanya air, karbon dioksida dan cahaya matahari. Karbondioksida dibutuhkan tanaman sebagai bahan utama (substrat) pada fotosintesis.

7) Bahan Organik

Bahan organik memiliki peran sebagai sumber makanan tanaman. Bahan organik dapat menentukan sifat-sifat fisik dan kimia tanah. Sisa-sisa dari organ tanaman tumbuhan ataupun dari tumbuhan yang sudah mati akan kembali ke tanah dan akan diubah menjadi humus.

8) Air

Air merupakan komponen utama bagi pertumbuhan tanaman. Ketersediaan air pada tanah itu harus cukup, karena jika air pada tanah terlalu banyak ataupun terlalu sedikit akan mempengaruhi tanaman, air yang terlalu banyak dapat menyebabkan aerasi sedangkan air yang sedikit akan menyebabkan kekeringan pada tanaman.

9) pH

pH (*potential of Hydrogen*) merupakan ukuran derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, dengan pH 7 menunjukkan larutan netral, pH di bawah 7 menunjukkan larutan asam dan pH di atas 7 menunjukkan larutan basa. Menurut Agung (2021, hal 12) kemasamaan tanah (pH) yang cocok untuk tanaman buncis adalah berkisar antara 5.5 - 6. Tanaman buncis juga tidak baik ditanam di tanah yang terlalu basa (pH di atas 7).

D. Pupuk Hayati

Menurut Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (2006, hal 2) pupuk hayati merupakan inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman. Menurut Suwahyono (2017, hal 24) pupuk hayati memiliki kemampuan untuk menyediakan unsur hara seperti nitrogen, fosfat, Mg, Zn, dan Cu. Pupuk hayati dibedakan menjadi tunggal (terdiri atas satu jenis mikroba) dan majemuk (konsorsium mikroba). Menurut Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (2006, hal 77) fungsi dari pupuk hayati dibedakan menjadi 4 yaitu pupuk penghambat nitrogen, peluruh fosfat, pelarut bahan organik, serta pemacu pertumbuhan dan pengendali penyakit.

1. Pupuk Organik

Menurut Purba, *et al.* (2021, hal 122) menjelaskan tentang pupuk organik sebagai berikut :

“Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Pupuk organik

merupakan penyedia unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan unsur mikro (Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn, dan Fe) yang dibutuhkan tanaman.”

Pupuk organik dikelompokkan menjadi pupuk organik padat dan pupuk organik cair. Menurut Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (2006, hal 6) pupuk organik sangat bermanfaat bagi peningkatan produksi pertanian baik kualitas maupun kuantitas, mengurangi pencemaran lingkungan, dan meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan. Menurut Hartatik (2015, hal 108) penggunaan pupuk organik juga dianggap lebih ramah lingkungan karena mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis dan dapat mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

2. Jenis - Jenis Pupuk Organik

a. Pupuk Organik Padat

Pupuk organik padat adalah bentuk pupuk organik yang berupa bahan padat dengan bahan-bahan alami seperti kompos, kotoran hewan, limbah tumbuhan, dan bahan organik lainnya. Menurut Samsudin *et.al* (2018, hal 11) pupuk organik padat dihasilkan melalui proses pengomposan, fermentasi, atau dekomposisi bahan organik, yang kemudian dikeringkan dan diolah menjadi bentuk padat untuk kemudahan penyimpanan dan aplikasi. Menurut Prasetyo (2018, hal 5) Pupuk organik padat mengandung senyawa organik seperti lignin, selulosa, hemiselulosa, dan protein. Kandungan bahan organik tersebut berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan unsur hara.

Menurut Sudirman, *et al.* (2022, hal 163) pupuk organik meningkatkan kemampuan tanah untuk mengikat unsur hara, sehingga ketersediaan unsur hara lebih banyak dalam jangka waktu yang relatif lama dan menjamin kelestarian kesuburan tanah. Selain kandungan

hara yang tinggi, pupuk organik padat juga memiliki kelebihan dalam memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah.

b. Pupuk Organik Cair

Menurut Tanti (2020, hal 2054) pupuk organik cair adalah bentuk pupuk yang larut dalam air dan terbuat dari bahan-bahan organik seperti kompos, kotoran hewan, atau limbah tumbuhan yang difermentasi atau direndam dalam air. Pupuk organik cair cenderung memiliki umur simpan yang lebih pendek daripada pupuk padat atau butiran, dan perlu disimpan dengan benar untuk menghindari pembusukan atau kontaminasi mikroba berbahaya. Selain itu, karena kandungan nutrisinya bersifat organik, memungkinkan terjadinya penurunan kualitas atau perubahan komposisi nutrisi dalam pupuk organik cair.

Menurut Hadisuwito (2007, hal 14) keunggulan utama pupuk organik cair adalah kemampuannya untuk memberikan nutrisi secara langsung kepada tanaman dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Selain itu, pupuk organik cair juga dapat diserap lebih efisien oleh akar tanaman karena berbentuk larutan, sehingga dapat memberikan respons pertumbuhan yang cepat. Dengan demikian, penggunaan pupuk organik cair dapat menjadi salah satu strategi yang efektif dalam mendukung pertanian organik dan berkelanjutan.

3. Macam - Macam Pupuk

a. Pupuk Kandang

Pupuk kandang adalah jenis pupuk organik yang berasal dari kotoran hewan seperti sapi, kambing, atau ayam. Kotoran tersebut kemudian diolah secara fermentasi atau kompos untuk mempercepat dekomposisi dan meningkatkan kualitas pupuk. Pupuk kandang terdapat 2 jenis yaitu pupuk kandang padat dan pupuk kandang cair. Menurut Krisnawati dan Adirianto (2019, hal 79) pupuk kandang

adalah sumber beberapa hara dan asam humat seperti nitrogen, fosfor, kalium, fulvat, hormon tumbuh dan lain-lain yang bersifat memacu pertumbuhan tanaman sehingga serapan hara oleh tanaman meningkat. Menurut Krisnawati dan Adirianto (2019, hal 80) manfaat utama penggunaan pukan selain sebagai sumber hara tanaman adalah dapat memperbaiki kesuburan tanah baik sifat kimia, fisik, dan biologi tanah.

b. Pupuk Hijau

Pupuk hijau adalah pupuk organik yang berasal dari tanaman hijau tertentu seperti kacang-kacangan, kacang hijau, atau tanaman leguminosa lainnya. Menurut Rachman, *et.al.* (2006, hal 45) tujuan pemberian pupuk hijau adalah untuk meningkatkan kandungan bahan organik dan unsur hara dalam tanah, sehingga terjadi perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, yang akhirnya berdampak pada peningkatan produktivitas tanah dan ketahanan tanah terhadap erosi. Menurut Krisnawati dan Adirianto (2019, hal 84) tanaman pupuk hijau yang akan ditanam hendaknya dipilih tanaman yang sesuai (*adapted*) dengan kondisi lokal, mudah ditanam, tumbuh cepat, hasil tinggi, kaya kandungan unsur hara, dan tidak mempunyai pengaruh negatif terhadap tanaman pokok.

c. Pupuk Kompos

Menurut Krisnawati dan Adirianto (2019, hal 81) pupuk kompos adalah pupuk organik yang dihasilkan dari proses pengomposan bahan-bahan organik seperti sisa-sisa tanaman, daun, ranting, limbah dapur, dan lain-lain yang telah mengalami proses dekomposisi oleh mikroba pengurai, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Proses pengomposan dapat terjadi secara alami dan bantuan manusia. Jika pengomposan secara alami membutuhkan waktu yang tidak singkat dan bertahap,

sedangkan jika dipercepat oleh perlakuan manusia dalam waktu yang singkat dengan menambahkan mikroba pengurai.

Menurut Setyorini, *et al.* (2006, hal 19) menjelaskan mengenai karakteristik umum kompos sebagai berikut :

“Karakteristik umum dimiliki kompos antara lain: (1) mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung bahan asal; (2) menyediakan unsur hara secara lambat (*slow release*) dan dalam jumlah terbatas; (3) mempunyai fungsi utama memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah; (4) meningkatkan retensi air, dan mengurangi erosi tanah.”

Secara alami proses pengomposan dapat berlangsung dalam keadaan aerob (dengan O₂) maupun anaerob (tanpa O₂). Menurut Krisnawati dan Adirianto (2019, hal 82) hasil kompos terbaik mempunyai pH mendekati netral atau sedikit ke arah alkali, untuk bahan kompos yang sifatnya masam perlu ditambahkan kapur pada saat proses pengomposan.

E. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian Terdahulu
1	a. Peneliti : Nurhayaro, Oksilia, dan Syafran Jali b. Judul : Pengaruh pemberian pupuk kascing dan biochar sekam padi terhadap produksi tanaman buncis (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) c. Tempat Penelitian : Kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Tamansiswa Palembang d. Metode Penelitian : Rancangan acak kelompok (RAK) e. Hasil Penelitian : Kombinasi perlakuan pupuk kascing dan biochar sekam padi memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>). Perlakuan P3B0 (pupuk kascing 25 ton ha ⁻¹ tanpa biochar) menghasilkan hasil terbaik dalam

	<p>hal jumlah polong per tanaman, panjang polong, berat polong segar, dan umur berbunga. Pupuk kascing dan biochar berpotensi meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan nutrisi, yang mendukung pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.</p> <p>f. Persamaan : Menggunakan biochar dan tanaman buncis</p> <p>g. Perbedaan : Penelitian menggunakan pupuk kascing serta perbedaan penggunaan dosis biochar dan penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAK)</p> <p>h. Kesimpulan : Pemberian pupuk kascing dan biochar sekam padi dapat memberi efek sinergis dalam meningkatkan berat polong buncis, karena kascing menyediakan nutrisi yang mudah tersedia, sementara biochar sekam padi dapat meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan dan menyediakan nutrisi tersebut secara berkelanjutan.</p>
2	<p>a. Peneliti : Ketut, Oksilia, dan Taufik</p> <p>b. Judul : Pengaruh pemberian biochar sekam padi dan pupuk kotoran sapi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang buncis tegak (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)</p> <p>c. Tempat penelitian : Lahan suboptimal Universitas Tamansiswa Palembang</p> <p>d. Metode penelitian : Rancangan Acak Kelompok (RAK)</p> <p>e. Hasil penelitian : Perlakuan pemberian biochar sekam padi terhadap tanaman buncis B2 (7,5 ton/ha) memberikan hasil terbaik terhadap jumlah polong, bobot polong per tanaman dan bobot polong per petak. Perlakuan pemberian pupuk kotoran sapi terhadap tanaman buncis P2 (30 ton/ha) memberikan hasil terbaik terhadap tinggi tanaman, jumlah cabang produktif, umur berbunga, umur berbuah, jumlah polong per tanaman, panjang polong, bobot polong per tanaman, bobot polong per petak. Kombinasi antara biochar sekam padi dan pupuk kotoran sapi dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah, yang berkontribusi pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik.</p> <p>f. Persamaan : Menggunakan biochar dan tanaman buncis</p>

	<p>g. Perbedaan : Menggunakan pupuk kotoran sapi serta perbedaan penggunaan dosis biochar dan penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAK)</p> <p>h. Kesimpulan : Pemberian biochar sekam padi dan pupuk kotoran sapi dapat memberikan hasil yang baik terhadap jumlah polong dan bobot polong, karena biochar sekam padi mampu memperbaiki sifat fisik tanah sehingga pertumbuhan dan penyerapan unsur hara tanaman menjadi lebih baik, sementara pupuk kotoran sapi menyediakan unsur hara yang dapat membantu pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman.</p>
3	<p>a. Peneliti : Halis, Syakur, dan Darusman</p> <p>b. Judul : Pengaruh pemberian serut bambu dan biochar serut bambu terhadap perubahan sifat fisika tanah dan pertumbuhan tanaman buncis (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)</p> <p>c. Tempat penelitian : Kebun percobaan dan laboratorium fisika tanah fakultas pertanian Universitas Syiah Kuala</p> <p>d. Metode penelitian : Rancangan Acak Lengkap (RAL)</p> <p>e. Hasil penelitian : Biochar serut bambu berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman buncis. Perlakuan dengan biochar (B2) menghasilkan jumlah daun, jumlah buah, dan berat buah tertinggi. Biochar meningkatkan tinggi tanaman pada umur 15 dan 30 hari setelah tanam (HST), serta jumlah daun, terutama pada umur 30 HST. Namun, tidak ada pengaruh signifikan pada umur 45 HST. Pemberian biochar juga meningkatkan pH tanah dari 5,70 (tanpa biochar) menjadi 6,63 (dengan biochar), meskipun tidak ada pengaruh signifikan terhadap berat volume tanah, porositas, dan stabilitas agregat tanah.</p> <p>f. Persamaan : Menggunakan biochar, tanaman buncis dan metode rancangan acak lengkap (RAL)</p> <p>g. Perbedaan : Menggunakan pemberian serut bambu serta perbedaan penggunaan dosis biochar</p> <p>h. Kesimpulan : Hasil analisis pemberian serut bambu tidak berpengaruh terhadap perbaikan sifat fisika tanah dan pertumbuhan tanaman buncis.</p>

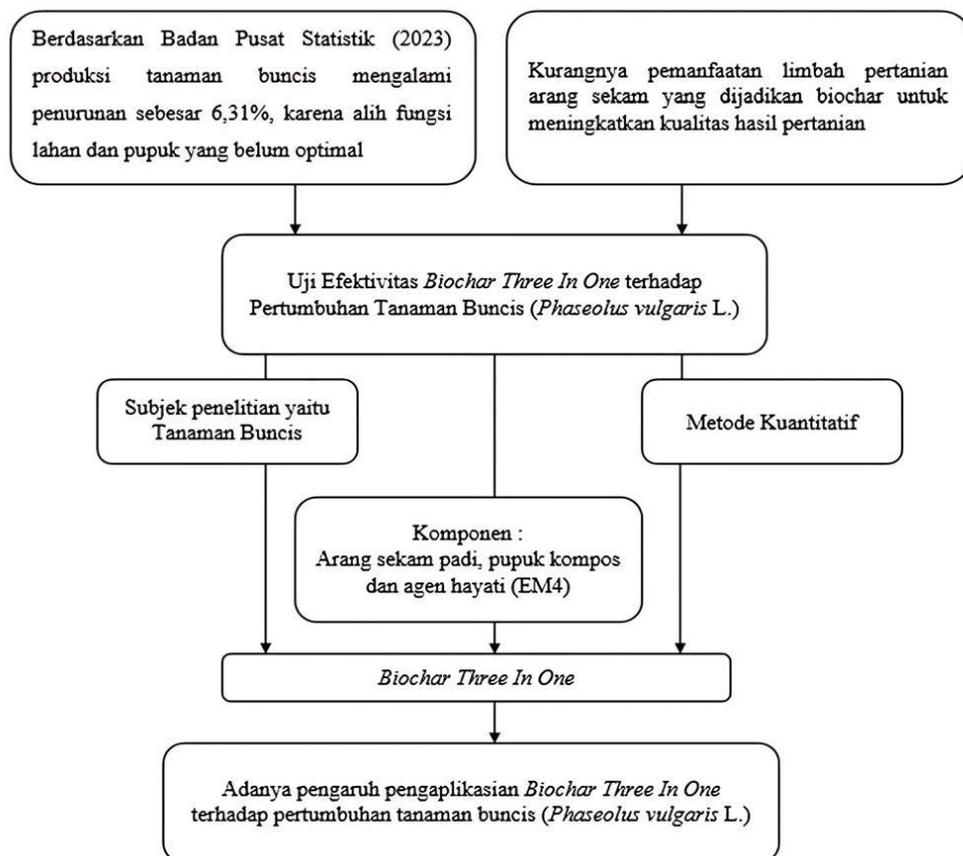
	<p>Pemberian biochar serut bambu tidak berpengaruh terhadap perbaikan sifat fisika tanah namun berpengaruh pada pertumbuhan tanaman buncis seperti tinggi tanaman, banyak daun, jumlah buah dan berat buah. Biochar dari serut bambu terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman buncis, sementara serut bambu sendiri tidak memberikan dampak signifikan. Sehingga diperlukan penelitian lanjutan terhadap pengaplikasian biochar serut bambu dalam jangka waktu yang lebih lama.</p>
4	<ol style="list-style-type: none"> a. Peneliti : Ridho Agung b. Judul : Respon pertumbuhan dan produksi kacang buncis (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) terhadap pemberian biochar sekam padi dan pupuk organik cair (POC) tomat c. Tempat penelitian : Kebun percobaan Universitas Medan Area d. Metode penelitian : Rancangan Acak Kelompok (RAK) e. Hasil penelitian : Perlakuan B3 dengan dosis 1,5 kg/plot merupakan perlakuan terbaik dengan memiliki nilai paling tinggi yaitu 1.381 bobot per plot dan bobot per sampel yaitu 21,65. Biochar sekam padi berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, bobot segar per sampel dan bobot segar per plot. sedangkan pupuk organik cair tidak berpengaruh nyata terhadap terhadap tinggi tanaman, diameter batang, umur berbunga, bobot segar per sampel dan bobot segar per plot tanaman kacang buncis. f. Persamaan : Menggunakan biochar dan tanaman buncis g. Perbedaan : Menggunakan pupuk organik cair (POC) serta perbedaan penggunaan dosis biochar dan penelitian ini menggunakan metode rancangan acak kelompok (RAK) h. Kesimpulan : Biochar sekam padi berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, bobot polong persampel, bobot polong perplot tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap umur berbunga tanaman kacang buncis. Sedangkan pupuk organik cair tidak berpengaruh nyata terhadap terhadap tinggi tanaman, diameter batang, umur berbunga, bobot segar per sampel dan bobot segar per plot

	<p>tanaman kacang buncis. Dengan demikian interaksi biochar sekam padi dan pupuk organik cair tidak berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, diameter batang, umur berbunga, bobot persampel, bobot perplot.</p>
5	<ol style="list-style-type: none"> a. Peneliti : Boukar, Martin, Abakoura, Augustin, dan Adamou b. Judul : <i>Impact of Enriched Biochar on Bean Growth (Phaseolus vulgaris) in the Presence of Mycorrhizae on two Contrasting Soils of Ngaoundere (Cameroon)</i> c. Tempat Penelitian : Fakultas Sains, Universitas Younde , Ngaoundere, Kamerun d. Metode Penelitian : Metode Saxena e. Hasil penelitian : Penggunaan biochar dan mikoriza meningkatkan pertumbuhan vegetatif, hasil polong serta biji dan jumlah kumulatif daun dengan hasil terbaik tercatat pada perlakuan dengan 10% biochar dan 4% mikoriza, terutama di tanah yang buruk dan asam. Penggunaan biochar yang diperkaya secara signifikan meningkatkan durasi perkecambahan, massa batang dan akar, serta produksi polong pada tanah asam dibandingkan dengan tanah alkali sementara penambahan mikoriza meningkatkan massa batang secara signifikan. f. Persamaan : Menggunakan biochar dan tanaman buncis g. Perbedaan : Menggunakan penambahan mikoriza serta perbedaan penggunaan dosis biochar dan penelitian ini menggunakan metode saxena h. Kesimpulan : Potensi biochar yang diperkaya dan mikoriza dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan memperbaiki kualitas tanah. Kombinasi biochar dan mikoriza dapat menjadi alternatif pupuk kimia yang efektif, terutama di tanah dengan kondisi yang kurang optimal. Penambahan biochar yang diperkaya dan / atau mikoriza meningkatkan pertumbuhan vegetatif kacang buncis (ukuran batang dan akar, massa batang dan akar) serta hasil polong dan massa biji per tanaman yang lebih besar.

F. Kerangka Pemikiran

Penggunaan *biochar three in one* terhadap pertumbuhan tanaman buncis dapat meningkatkan efektivitasnya karena biochar memiliki beberapa manfaat yaitu biochar dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi tanah bagi tanaman buncis, biochar dapat meningkatkan retensi air tanah, biochar juga dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, penggunaan *biochar three in one* dapat memberikan efek positif terhadap pertumbuhan tanaman buncis dengan cara meningkatkan ketersediaan nutrisi, retensi air tanah, dan aktivitas mikroba. Namun, efektivitasnya juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti suhu lingkungan, kelembaban udara, intensitas cahaya dan pH tanah. Pemberian pupuk kimia yang berlebih pada tanaman akan mengakibatkan jenuhnya unsur hara pada tanah dan menyebabkan produktifitas tanaman tersebut menurun, oleh karena itu pemupukan dengan menggunakan bahan organik sangat banyak manfaatnya.

Kerangka pmikiran dapat disajikan sebagai berikut :



G. Asumsi dan Hipotesis Penelitian

a. Asumsi

Pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam media tanah.

b. Hipotesis

H₀ : Pemberian *biochar three in one* tidak efektif terhadap Pertumbuhan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.).

H₁ : Pemberian *biochar three in one* efektif terhadap Pertumbuhan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.).

c. Pertanyaan penelitian

Dari rumusan masalah yang ada, maka terdapat beberapa pertanyaan penelitian. Adapun pertanyaan penelitian yang diajukan adalah:

- 1) Apakah *biochar three in one* efektivitas terhadap pertumbuhan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) ?
- 2) Berapa konsentrasi optimal *biochar three in one* yang baik bagi pertumbuhan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) ?

H. Keterkaitan hasil penelitian dengan pembelajaran biologi

Dalam pembelajaran biologi, siswa akan mempelajari tentang kebutuhan tanaman akan unsur hara makro dan mikro untuk pertumbuhan dan perkembangannya serta bagaimana faktor lingkungan memengaruhi pertumbuhan tanaman dan adaptasi mereka terhadap lingkungan yang berubah. Melalui penelitian ini, siswa dapat memahami bagaimana *biochar* menyediakan nutrisi yang diperlukan bagi tanaman dan dapat memperdalam pengetahuan siswa mengenai ekosistem dan interaksi antara organisme hidup dan lingkungan. Penelitian ini dapat memberikan contoh konkret tentang bagaimana perubahan dalam lingkungan tanah dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman.

Melalui penelitian uji efektivitas *biochar three in one* pada tanaman buncis, siswa dapat mengenal teknologi pertanian inovatif. Ini membantu siswa mengaitkan konsep teori yang dipelajari dikelas dengan aplikasi praktis yang berguna dalam pertanian berkelanjutan dan mendorong minat

mereka dalam penelitian ilmiah dan inovasi. Kompetensi dasar yang membahas tentang proses pertumbuhan dan perkembangan terdapat pada Fase F Kurikulum Merdeka yaitu menjelaskan, membuat rancangan project, dan mempresentasikan pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Keterkaitan hasil penelitian ini dapat digunakan dalam merancang praktikum atau proyek penelitian mengenai pertumbuhan tanaman untuk meningkatkan keterampilan dalam pendekatan ilmiah yang penting dibangun dalam pembelajaran biologi di Kurikulum Merdeka Fase F. Penerapan hasil penelitian dalam kegiatan pembelajaran dirumuskan dalam bentuk modul ajar yang dapat dilihat pada lampiran 1.