

BAB II

KAJIAN TEORI DAN PENELITIAN TERDAHULU

I. Kajian Teori

A. *Biochar three in one*

1. Pengertian *Biochar*

Biochar atau banyak disebut arang atau bara hitam merupakan material karbon berpori yang diperoleh melalui proses pemanasan biomassa dalam kondisi minim oksigen. Proses ini menghasilkan produk akhir yang kaya karbon dengan struktur berpori khas. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Situmeang (2020 hlm 3), *biochar* memiliki potensi besar dalam memperbaiki kualitas tanah, seperti meningkatkan kapasitas retensi air dan hara serta memperbaiki struktur tanah. Karakteristik unik *biochar* menjadikannya bahan tambahan yang efektif untuk tanah dalam meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim.

Penambahan *biochar* pada lahan pertanian terbukti mampu meningkatkan produktivitas tanaman. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yoga (2022 hlm 2), *biochar* dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas retensi air, serta memperkaya kandungan karbon organik di dalam tanah. Hal ini berdampak pada peningkatan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Menurut Nurida dan Rachman, (2011 hlm 639). menunjukkan bahwa *biochar* dengan sifatnya yang stabil dan berpori, mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air dan hara, serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Dengan demikian, *biochar* tidak hanya berperan sebagai pembenah tanah, tetapi juga sebagai agen sekuestrasi karbon yang efektif. Kualitas tanah yang rendah pada lahan kering disebabkan oleh rendahnya kandungan pH, C-organik, N, P, K, Ca, Mg, KTK, dan KB (sifat kimia), serta rendahnya tingkat respirasi tanah dan jumlah mikroba (sifat biologi).

2. Manfaat *Biochar*

Menurut Evizal, R., & Prasmatiwi, F. E (2023, hlm 1), Aplikasi *biochar* pada tanah terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas tanah. Penelitian menunjukkan bahwa *biochar* mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air dan hara, serta merangsang aktivitas biologis tanah. Dengan demikian, *biochar* berkontribusi pada peningkatan produktivitas pertanian dan keberlanjutan lingkungan.

Menurut Prasetyo & Yulnafatmawita, Y (2024 hlm 240) Dalam bidang pertanian, *biochar* berpotensi meningkatkan kapasitas menahan air, mencegah hilangnya nutrisi akibat pupuk, dan menyediakan struktur bagi pertumbuhan mikroorganisme tanah yang bermanfaat serta dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman atau hasil panen.

3. Komponen *Biochar Three In One*

Adapun komponen *Biochar three in one* yang meliputi 3 komponen penting diantaranya yaitu:

a. Arang Sekam

1) Pengertian Arang Sekam

Arang sekam merupakan sisa hasil panen padi yang meskipun sulit terurai, namun dapat dengan mudah dimanfaatkan sebagai *biochar*. Menurut Rahmah & Febriyono (2021 hlm 64) mengatakan mengenai arang sekam dapat dijadikan sebagai salah satu media tanam yang dapat mengikat air dan menjaga ketersediaan air dalam tanah.



Gambar 2. 1 Arang Sekam

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Menurut Gustia (2013, hlm 13) Mengatakan bahwa arang sekam padi dibuat dengan pembakaran sekam padi yang tidak sempurna. Proses pembakaran ini bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta memberikan perlindungan bagi tanaman. Sekam padi yang dibakar dengan cara ini menghasilkan abu berwarna hitam, bukan abu putih, karena pembakaran sekam padi tidak berlangsung secara sempurna.

Menurut Pandapotan, D. D. (2021 hlm 15) menyebutkan bahwa arang sekam tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi bahan bakar, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas tanah, membantu proses regenerasi tanah, dan mendorong pertumbuhan tanaman. Selain itu, arang sekam juga dapat meningkatkan kandungan unsur hara tanah meskipun dalam jumlah yang relatif kecil.

2) Kandungan Unsur Hara Arang Sekam

Tabel 2. 1 Kandungan Arang Sekam

No	Kandungan	Presentase
1	Kadar Air	9.02%
2	Protein Kasar	3.03%
3	Lemak	1.18%
4	Serat Kasar	35.68%
5	Abu	17.71%
6	Karbohidrat kasar	33.71%
7	Karbohidrat zat arang	1.33%
8	Hydrogen	1.54%
9	Oksigen	16.98%
10	Silika	16.98%

(Sumber: Pusluhtan Kementan, 2021)

Arang sekam, yang telah melalui proses pembakaran suhu tinggi, merupakan media tanam yang steril dan siap pakai. Proses pembakaran ini tidak hanya menghilangkan patogen tetapi juga menciptakan struktur pori yang baik pada arang sekam, sehingga mampu meningkatkan aerasi dan drainase media tanam. Arang sekam mengandung unsur hara N 0,3%, P205 15%, K20 31%, dan beberapa unsur hara lainnya dengan pH 6,8

(Widyasari, A. N, 2021 hlm 331). Arang sekam berfungsi memperbaiki struktur fisik tanah ketika diaplikasikan. Dengan meningkatkan porositas, arang sekam menjadikan tanah lebih gembur dan berongga, sehingga aerasi dan drainase tanah dapat berlangsung lebih optimal.

3) Peran Arang Sekam

Menurut Wibowo, F. S (2021 hlm 3) Arang sekam memiliki sifat yang mampu mengikat air dengan baik, tidak mudah menggumpal, berporositas tinggi, ringan, steril, dan mudah diperoleh dengan harga yang relatif terjangkau. Penggunaan arang sekam dapat memperbaiki struktur fisik, kimia, dan biologi tanah.

b. Pupuk Organik

1) Pengertian Pupuk Organik Jenis Kompos

Menurut Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011, pupuk organik didefinisikan sebagai produk yang dihasilkan dari proses pengomposan atau fermentasi bahan-bahan organik. Bahan baku pupuk organik sangat beragam, mulai dari sisa tanaman, kotoran hewan, hingga limbah organik lainnya. Produk akhir yang dihasilkan dapat berupa padat atau cair, dan seringkali diperkaya dengan nutrisi tambahan.



Gambar 2. 2 Pupuk Kompos

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Penggunaan pupuk organik, seperti kompos, semakin meningkat karena memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan pupuk anorganik. Keunggulan utama pupuk organik terletak pada kemampuannya yang tidak hanya menyediakan unsur hara, tetapi juga memperbaiki sifat fisik tanah serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Salah satu jenis pupuk organik yang paling sering digunakan adalah pupuk kompos (Ginanjar, E. 2017 hlm 19).

Menurut Subekti (2015 hlm 75) mengatakan bahwa kompos merupakan pupuk organik yang diperoleh dari sisa-sisa tanaman dan kotoran hewan yang telah melalui proses dekomposisi atau pelapukan. Komposisi pada pupuk kompos yang digunakan yaitu, Tanah subur Lembang, Pupuk kandang murni, Sekam bakar, Copeat dan Daun bambu halus. Proses komposting merupakan metode pengolahan limbah organik yang ramah lingkungan. Proses ini melibatkan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme secara aerobik atau anaerobik. Tujuan utama komposting adalah menurunkan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) dalam bahan organik. Pupuk kompos yang dihasilkan tidak hanya kaya akan nutrisi, tetapi juga mampu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas menahan air. Hal ini sejalan dengan penelitian Subekti (2015 hlm 75) yang menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kompos dapat meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman secara berkelanjutan.

Ginanjar, E. (2017 hlm 19) menarik kesimpulan mengenai pupuk kompos yaitu:

Pupuk kompos dibuat dengan cara pelapukan bahan organik (sampah organik) karena telah melalui proses interaksi mikroorganisme (bakteri pengurai) yang bekerja di dalamnya. Pemberian kompos pada tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah seperti dalam terbentuknya agregat atau butiran tanah serta peningkatan permeabilitas dan porositas tanah.

Pemberian kompos dalam jangka waktu lama akan meningkatkan pH dan hasil panen. Penggunaan kompos menghindari penggunaan pupuk kimia yang dapat menyebabkan degradasi tanah.

2) Kandungan Unsur Hara Pupuk Kompos

Berdasarkan penjelasan di *balittanah.litbang.pertanian.go.id*, menyebutkan bahwa pupuk kompos dapat dibuat dari berbagai macam bahan organik, seperti sisa tanaman, limbah pertanian, dan kotoran hewan. Komposisi nutrisi dalam kompos sangat

bervariasi, namun umumnya mengandung unsur hara makro (nitrogen, fosfor, kalium) dan mikro (besi, mangan, tembaga) yang sangat dibutuhkan tanaman. Kandungan nutrisi yang lengkap ini menjadikan kompos sebagai pupuk organik yang bernilai tinggi dan ramah lingkungan.

3) Peran Pupuk Kompos

Menurut Budianto (2014 hlm 2) mengatakan bahwa meskipun bahan organik tanah, jumlahnya relatif kecil, namun memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kesehatan dan produktivitas tanah. Bahan organik tidak hanya menyediakan nutrisi bagi tanaman, tetapi juga memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan mengurangi erosi. Selain itu, bahan organik juga berfungsi sebagai penyangga polutan, sehingga dapat melindungi tanah dari dampak negatif penggunaan bahan kimia.

c. Agen Hayati

1) Pengertian Agen Hayati Jenis EM4

Agen hayati adalah organisme seperti jamur, bakteri, virus, nematoda, dan hewan lainnya yang berperan dalam mengendalikan hama serta penyakit tanaman. Organisme ini sebenarnya sudah ada secara alami di lingkungan, namun keberadaannya sering tidak merata. Dengan memperkaya pupuk organik, agen hayati dapat secara efektif, mudah, dan ramah lingkungan mengurangi serangan hama dan penyakit, sekaligus mendukung produktivitas yang berkelanjutan (Upik, 2011, hlm. 36).



Gambar 2. 3 Agen Hayati Jenis EM4

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2024)

Salah satu agen hayati yang dapat dijadikan alternatif adalah EM4. Menurut Irianto (2013 hlm 19) *Effective Microorganism 4* (EM4) adalah mikroorganisme berupa bakteri pengurai yang berperan dalam mempercepat proses dekomposisi sampah organik. EM4 digunakan dalam metode pengomposan modern dan memiliki manfaat positif bagi kesuburan tanah. Mikroorganisme yang terkandung dalam EM4 membantu meningkatkan kualitas biologis tanah serta memperbaiki kemampuan tanah dalam menyerap nutrisi.

Siswati N. D., & Theodorus, H. (2009 hlm 60) menjelaskan mengenai EM4 sebagai berikut:

“EM4 diformulasikan dalam bentuk cairan berwarna kuning kecoklatan, berbau asam, dengan pH 3,5 dan mengandung 90 bakteri *Lactobacillus* sp serta terdapat tiga jenis mikroorganisme lainnya, yaitu bakteri fotosintetik, *Streptomyces* sp dan yeast yang memiliki manfaat dalam menyuburkan tanah. EM4 mempunyai sifat yang sangat unik yaitu mampu menetralkan bahan organik dan tanah yang bersifat asam ataupun basa”

Menurut Alamansyah, A.F., & Fitriyah, N. (2018, hlm.15) mengemukakan manfaat EM4 adalah (1) memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah; (2) memberikan unsur hara yang dibutuhkan tanaman; (3) meningkatkan hasil panen; dan (4) menjaga kestabilan produksi.

2) Kandungan Unsur Hara Pada Agen Hayati EM4

Menurut Harman, G. E. (2006 hlm 192), Agen hayati EM4 (*Effective Microorganisms 4*) mengandung berbagai jenis mikroorganisme diantaranya; Bakteri *Lactobacillus*, *actinomycetes*, *Streptomyces*, Ragi jamur, Bakteri fotosintetik, Jamur pengurai selulosa, dan Bakteri pelarut fosfor.

3) Peran Agen Hayati Jenis EM4

Menurut (Yuniwati, 2012 hlm 174) Bakteri EM4 selain berfungsi membantu proses dekomposisi dan fermentasi material organik, juga mempunyai manfaat antara lain: memperbaiki sifat biologis tanah, kimia, dan fisik tanah, meningkatkan kandungan unsur hara pada tanah, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan hasil panen yang lebih baik, mampu memperbaiki kandungan unsur hara tanah dengan cara

dicampurkan ke tanah. Penggunaan bakteri mikroorganisme (EM4) merupakan salah satu metode yang bisa digunakan dalam upaya mengelola teknologi pertanian yang dapat mengurangi pengaruh buruk terhadap lingkungan (Wijayanti, N 2013 hlm 7). Bakteri EM4 ini mempunyai karakteristik berwarna kuning kecoklatan, berbau kurang sedap, rasa asam manis dan (pH) kurang dari 3,5.

4. Cara Pengolahan *Biochar Three In One*

Menurut Jarum Farm (2023, <https://www.youtube.com/watch?v=3vkHFd7DEsY>) yang dikutip dari Youtube berjudul “Panduan Lengkap Membuat Biotron”. Berikut cara pengolahan *biochar three in one*:

- a) Siapkan 10liter air kemudian panaskan samapai mendidih.
- b) Jika sudah mendidih masukkan kapur 1 kg diaduk secara perlahan hingga merata.
- c) Tunggu hingga dingin kemudian masukan kedalam ember.
- d) Siapkan 1kg arang sekam bakar yang sudah dihaluskan lalu aduk hingga merata.
- e) Diamkan campuran dalam emeber selama 2 hari hingga mengendap.
- f) Setelah mengendap, ambil arang sekam dan ditiriskan.
- g) Lalu arang sekam dicuci sebanyak 2 kali kemudian tiriskan kembali dan dijemur.
- h) Siapkan 1 liter air lalu tambahkan 25 ml EM4 dan aduk hingga merata.
- i) Masukkan arang sekam yang sudah di jemur kedalam larutan EM4 aduk hingga merata, lalu diamkan selama 2 jam.
- j) Siapkan saringan menggunakan kain tipis lalu saring arang sekam dan dijemur hingga kering, setelah kering, *biochar three in one* siap untuk di gunakan.

Selanjutnya membuat campuran media tanam tanah dan pupuk kompos dengan perbandingan 2: 1 (1 kg tanah: ½ kg pupuk kompos), kemudian dicampurkan dengan *biochar three in one* sesuai dosis yang telah direncanakan kedalam polybag ukuran 25x25 cm. Selanjutnya siapkan tanaman yang akan diaplikasikan *biochar three in one* untuk membuktikan pengaruh yang diuji coba.

5. Pengaruh *Biochar* terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah

Menurut Kurniawan (2016, hlm. 3) Kemampuan *biochar* yang bermanfaat mempertahankan kelembaban dapat membantu tanaman pada periode-periode kekeringan serta berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan menahan nutrisi dalam tanah sehingga nutrisi yang ada dalam tanah tidak mudah hilang serta pada akhirnya akan berpengaruh pada peningkatan hasil panen.

Salah satu cara mengurangi toksisitas aluminium dan meningkatkan nutrisi pada tanah adalah dengan diperlukannya bahan campuran yang bersifat sebagai pupuk guna membantu proses menumbuhkan produksi tanaman cabai merah menggunakan *biochar* yang diperkaya nutrisi meliputi tiga komponen penting diantaranya arang sekam, pupuk organik, dan agen hayati yang disebut *biochar three in one*.

B. Pertumbuhan Tanaman

1. Pertumbuhan

Menurut Zuhaida (2018 hlm 65), Pertumbuhan adalah suatu proses pertambahan ukuran, baik volume, bobot, jumlah sel atau protoplasma yang bersifat *irreversible* (tidak dapat kembali ke asal). Pertumbuhan dan perkembangan terjadi pada makhluk hidup, baik pada manusia, hewan, maupun tumbuhan. Salah satu faktor yang memengaruhi pertumbuhan tanaman adalah faktor lingkungan dimana salah satunya adalah tanah. Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan membutuhkan nutrisi. Nutrisi ini harus tersedia dalam jumlah cukup dan seimbang, antara satu dengan yang lain.

2. Faktor yang mempengaruhi Pertumbuhan

Faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan memiliki peran yang sangat penting dalam perkembangan tanaman. Faktor-faktor ini dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal mencakup elemen-elemen yang berasal dari dalam tanaman, seperti genetik dan hormon tumbuhan. Sementara itu, faktor eksternal meliputi elemen-elemen dari lingkungan luar, seperti ketersediaan unsur hara, jenis media tanam, suhu, kelembapan udara, air, serta intensitas cahaya. (Febriani et al., 2021 hlm 6).

a. Faktor Internal

Menurut Rika (2022 hlm 9) mengatakan bahwa faktor internal yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan mencakup faktor genetik, epigenetik dan zat pengatur tumbuh.

1) Faktor genetik

Setiap sel pada organisme memiliki satu set lengkap gen yang berisi kode instruksi yang menentukan karakteristik organisme tersebut. Kode gen ini berperan penting dalam mengatur fungsi dan sifat organisme, termasuk tumbuhan. Gen sendiri merupakan unit pewarisan sifat pada makhluk hidup, yang secara fisik berbentuk urutan DNA penyandi protein, polipeptida, atau segmen DNA dengan fungsi tertentu. Sebagai faktor internal yang mendasar, gen menjadi elemen unik bagi setiap makhluk hidup karena setiap individu memiliki gen yang berbeda (Rika, 2022 hlm 9).

2) Faktor Epigenetik

Faktor epigenetik berperan penting dalam perkembangan tumbuhan. Epigenetik merupakan dasar untuk memahami mekanisme kerja gen dan organisme. Beberapa faktor epigenetik yang memengaruhi aktivitas gen meliputi struktur kromatin, yaitu posisi atau susunan DNA dalam kromatin; metilasi DNA, yang berfungsi mengaktifkan atau menonaktifkan gen; serta small RNA, yang terbentuk dari DNA dan dapat memengaruhi perilaku gen melalui berbagai mekanisme (Rika, 2022 hlm 10).

3) Zat Pengatur Tubuh (Hormon)

Zat pengatur tumbuh berperan dalam mengontrol aktivitas sel dengan mengirimkan sinyal kimia untuk memicu atau menghentikan suatu proses, termasuk mengaktifkan gen yang mengkode enzim tertentu atau menghambat transkripsi gen. Hormon tumbuhan, serupa dengan hormon pada hewan, bekerja dalam konsentrasi yang sangat kecil. Beberapa hormon tumbuhan yang telah diketahui meliputi auksin, giberelin, sitokinin, asam absisat, kalin, etilen, dan asam traumalin (Rika, 2022 hlm 10).

b. Faktor Eksternal

Menurut Rika 2022 (hlm 11) Faktor eksternal adalah sesuatu yang mempengaruhi pertumbuhan dan sumbernya berasal dari lingkungan. Faktor eksternal memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, antara lain sebagai berikut:

a) Suhu

Pengertian suhu lingkungan pada tanaman sering dikaitkan dengan adanya pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Charless Hunt et al (2022 hlm 443) mengatakan Suhu lingkungan adalah salah satu faktor abiotik penting yang menentukan keberhasilan proses fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, respirasi, dan penyerapan air serta nutrisi.

Cabai merah memiliki daya penyesuaian yang dinilai luas. Tanaman ini dapat dibudidayakan dalam lahan di wilayah dataran rendah atau tinggi hingga tinggi 1400, namun proses tumbuh di dataran tinggi dinilai lebih lama. Menurut Nani (2005 hlm 19) Suhu udara yang dinilai baik dalam menumbuhkan cabai merah yakni berkisar antara 25-27 °C pada siang hari serta antara 18-20 °C untuk malam hari. Suhu malam kurang dari 16 °C serta suhu siang hari lebih dari 32 °C dapat memberikan kegagalan pada proses pembuahan.

b) Kelembaban Udara

Menurut Nimih et al., (2010 hlm 9), kelembaban udara memiliki pengaruh signifikan pada pertumbuhan tanaman, terutama dalam menjaga keseimbangan air di dalam jaringan tanaman dan mencegah stres akibat kekurangan atau kelebihan air. Pada tingkat kelembaban ideal, tanaman dapat berkembang optimal, sedangkan kelembaban yang terlalu rendah atau tinggi dapat menyebabkan masalah seperti layu, pertumbuhan jamur, atau penurunan produktivitas

Menurut Nimih et al., (2010 hlm 10) Kelembaban udara yang optimal untuk pertumbuhan cabai merah (*Capsicum annuum* L.) berada dalam kisaran relatif 60% hingga 90%, tergantung kondisi budidaya dan lingkungan.

c) **Intensitas Cahaya**

Menurut Susilawati et al. (2016 hlm 17) menyatakan bahwa intensitas cahaya memiliki pengaruh besar dalam fisiologi tanaman, termasuk fotosintesis, pertumbuhan, dan perkembangan. Tanaman yang menerima intensitas cahaya lebih tinggi cenderung memiliki laju fotosintesis dan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan tanaman yang ternaungi.

Menurut Taiz dan Zeiger (2010 hlm 80) dalam buku "*Plant Physiology*" menjelaskan bahwa tanaman seperti cabai merah membutuhkan intensitas cahaya dalam rentang 400–700 *Lux* untuk mendukung fotosintesis secara efisien. Intensitas ini dikenal sebagai rentang cahaya aktif fotosintesis (PAR). Faktor lingkungan lain seperti suhu dan kelembaban, juga memengaruhi efektivitas intensitas cahaya dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, dalam budidaya cabai merah, pengaturan lahan yang memastikan cukupnya pencahayaan langsung menjadi sangat penting.

d) **pH Tanah**

Menurut Izaati M (2016 hlm 16) pH tanah adalah ukuran tingkat keasaman atau kebasaan tanah yang diukur pada skala 0 hingga 14, dimana nilai pH 7 dianggap netral. pH tanah mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Tanah dengan pH di bawah 7 dianggap asam, sedangkan pH di atas 7 dianggap basa. Pada pH tanah yang terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (basa), beberapa unsur hara penting seperti fosfor, kalium, magnesium, dan boron bisa menjadi tidak tersedia atau terikat dengan senyawa lain yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

Penelitian yang dilakukan oleh Nila, W., & Jamhari, H. P. (2008 hlm 1) menyatakan bahwa pH tanah yang optimal untuk pertumbuhan cabai merah menunjukkan bahwa tanaman cabai dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH tanah antara 5,5 hingga 6,8. Pada pH tanah di bawah 5,5, ketersediaan unsur hara seperti fosfor, kalium, kalsium, dan magnesium berkurang, sehingga pengapuran dengan kapur pertanian atau dolomit disarankan untuk menyesuaikan pH tanah agar berada dalam kisaran yang optimal.

C. Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.)

Cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan tanaman hortikultura yang sangat penting secara komersial. Sebagai anggota famili Solanaceae, cabai memiliki nilai gizi yang tinggi dan permintaan pasar yang besar. Hal ini menjadikan cabai sebagai salah satu komoditas pertanian yang strategis. Berdasarkan penelitian Supriadi, H., & Sejati, W. K. (2018 hlm 19), produksi cabai di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, menunjukkan potensi yang besar dalam pengembangan industri pengolahan cabai.



Gambar 2. 4 Cabai Merah (*Capsicum annum* L.)

(Sumber: pertanian.ngawikab.go.id)

1. Klasifikasi Cabai Merah (*Capsicum annum* L.)

Dalam tata nama ilmiah, tanaman cabai termasuk dalam genus *Capsicum*, dengan klasifikasi lengkap sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Klasifikasi Cabai Merah (*Capsicum annum* L.)

Kingdom	Plantae
Divisi	Magnoliophyta
Kelas	Magnoliopsida
Sub-kelas	Asteridae
Ordo	Solanales
Famili	Solanaceae
Genus	<i>Capsicum</i>
Spesies	<i>Capsicum annum</i> .

(Sumber: Karakterisasi Morfologi & Pemuliaan Tanaman Cabai)

Capsicum annum L. merupakan spesies yang paling luas dibudidayakan dan yang paling penting secara ekonomis. Spesies ini mempunyai berbagai bentuk dan ukuran dan meliputi buah manis dan pedas. *C. annum* L. dikelompokkan dalam var longum, var abbreviate, var grossum, dan var. minimum. Berdasarkan karakter buahnya, terutama bentuk dan ukuran buah, spesies *C. annum* dapat digolongkan dalam empat tipe, yaitu cabai besar, keriting, rawit (hijau) dan paprika (Lagiman., Bambang S., 2021 hlm 20).

2. Jenis-jenis Cabai Merah (*Capsicum annum* L.)

Menurut (Nurfalach, 2010 hlm 8), Macam-macam tanaman cabai antara lain:

1) Cabai Merah Besar (*Capsicum annum* L)

Menurut Agustina at all (2014 hlm 113), Cabai merah besar berukuran panjang berkisar 6-10 cm, diameter 0,7-1,3 cm. Cabai merah besar di Indonesia dibagi menjadi dua kelompok yaitu cabai merah besar dan cabai merah keriting. Permukaan buah cabai merah besar halus dan mengkilat serta mempunyai rasa pedas. Sedangkan cabai merah keriting bentuknya lebih ramping dengan cita rasa sangat pedas.

2) Cabai Kecil atau Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Menurut Sofiarani, F. N., & Ambarwati, E. (2020), Cabai rawit berukuran panjang berkisar 2-3,5 cm dengan diameter 0,4-0,7cm. Cita rasa cabai rawit biasanya sangat pedas, walaupun ada yang tidak pedas. Variasi warna cabai rawit dari kuning, oranye, dan merah. Tanaman cabai rawit berbuah sepanjang tahun, tahan hujan dan dapat tumbuh di dataran rendah sampai tinggi. Varietas cabai rawit juga dinamakan berdasarkan asal cabai diperoleh.



Gambar 2. 5 (a) Cabai merah keriting, (b) Cabai merah besar (c) Cabai rawit

(Sumber; Jurnal BIOMA.com)

3. Morfologi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.)

Morfologi cabai merah (*Capsicum annum* L.) memiliki sejumlah bagian tanaman diantaranya akar, batang, bunga, daun serta buah.



Gambar 2. 6 Morfologi Cabai Merah

(Sumber; Jurnal BIOMA.com)

a) Akar

Cabai dianggap sebagai tanaman semusim dengan bentuk perdu yang mempunyai bentuk akar tunggang. Sistem akar ini berbentuk menyebar, mempunyai panjang antara 25-35 cm. Akar ini mempunyai sejumlah fungsi diantaranya melakukan penyerapan air serta zat makanan, memperkuat batang tanaman. Tanaman ini mempunyai sistem akar yang dinilai rumit, bentuk akar tunggang dalam yang mempunyai susunan akar samping pada cabai (serabut) yang baik. Umumnya akar cabai mempunyai banyak bintil yang menjadi hasil dari hubungan simbiosis dengan sejumlah makhluk hidup mikroorganisme seperti Trichoderma (Agustin, S. C. 2023 hlm 11).

b) Batang

Menurut Agustin, S. C. (2023 hlm 12), Batang dalam tanaman cabai merah tidak memiliki kayu, dapat tumbuh setinggi 5-10 cm memiliki diameter 1,5 cm hingga 3 cm batang ini mempunyai bentuk yang bulat hingga persegi serta posisi sedikit tegak. Warna dalam batang ke an hingga ungu dan mempunyai ruas dengan warna atau ungu. Di beberapa batang yang sudah tua (batang terbawah), memunculkan warna coklat, dianggap sebagai kayu semu dari parenkim yang sudah mengeras.

c) Bunga

Bunga pada cabai mempunyai bentuk menyerupai terompet kecil, bunga cabai biasanya mempunyai warna putih, namun ada yang mempunyai warna ungu. Cabai menghasilkan bunga yang sempurna yang mempunyai benang sari yang lepas. Cabai berbunga sempurna dikarenakan menghasilkan dasar bunga, kelopak bunga, tangkai bunga, mahkota bunga, alat kelamin jantan serta betina. Bunga cabai dapat berkelamin dua dikarenakan dua alat kelamin ini terletak pada satu bunga. Warna mahkota berwarna putih, dengan kuping 5-6 helai, panjang 1-1,5 cm, lebar 0,5 cm, warna pada kepala putik adalah kuning (Agustin, S. C. 2023 hlm 12).

d) Daun

Menurut Agustin, S. C. (2023 hlm 13). Daun pada cabai mempunyai bentuk yang sedikit oval dan memanjang serta bagian ujung yang meruncing, tulang daun menyerupai sirip dengan adanya urat daun. Bagian dalam permukaan daun area atas menghasilkan warna tua, sementara permukaan bawah menunjukkan warna muda. Panjang daun yakni antara 8-12 cm memiliki lebar 3-5 cm. Panjang pada tangkai daun antara 2-4 cm dan mengikat dalam cabang, sementara tulang daun memiliki bentuk yang menyirip.

4. Kandungan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum L.*)

Manfaat dan khasiat pada cabai disamping untuk menyedapkan masakan, cabai memiliki kandungan gizi yang dibutuhkan untuk tubuh. Umumnya tanaman ini mempunyai kadar gizi serta vitamin seperti kandungan kalori, lemak, vitamin B1, protein, vitamin A, kalsium, serta vitamin C, serta adanya senyawa-senyawa alkaloid contohnya senyawa Flavonoid, Capsaicin, serta minyak esensial. Rasa pedas yang dimiliki cabai berasal dari zat capsaicin dalam bagian biji cabai dari kandungan plasenta, yakni pada kulit cabai dalam dengan warna putih yang menjadi tempat biji melekat. Rasa pedas ini digunakan untuk mengatur darah yang beredar dalam tubuh, menguatkan organ jantung, nadi, serta saraf, pencegahan terjadinya flu, serta demam. (Andayani, 2013 hlm 261).

5. Syarat Tumbuh Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum L.*)

Cabai merah memiliki daya penyesuaian yang dinilai luas. Tanaman ini dapat dibudidayakan dalam lahan di wilayah dataran rendah atau tinggi hingga tinggi 1400, namun proses tumbuh di dataran tinggi dinilai lebih lama. Menurut Nani (2005 hlm 19) Suhu udara yang dinilai baik dalam menumbuhkan cabai merah yakni berkisar antara 25-27 °C pada siang hari serta antara 18-20 °C untuk malam hari. Suhu malam kurang dari 16 °C serta suhu siang hari lebih dari 32 °C dapat memberikan kegagalan pada proses pembuahan.

D. Peneliti Terdahulu

Tabel 2. 3 Peneliti Terdahulu

No	Peneliti Terdahulu
1.	a. Peneliti: Fatimatuz Zahroh, Kusrinah, Siti Mukhlisoh Setyawati/ 2018 b. Judul: Perbandingan Variasi Konsentrasi Pupuk dari Limbah Ikan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annum L.</i>) c. Tempat Penelitian: Desa Daren, Kecamatan Nalumsari, Kabupaten Jepara d. Metode: Rancangan Acak Lengkap (RAL) e. Hasil Penelitian: Komparasi dari variasi konsentrasi dalam pupuk organik limbah ikan menghadirkan pengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan jumlah daun serta ketinggian batang cabai merah (<i>Capsicum annum L.</i>) serta berpengaruh namun tidak secara signifikan terhadap pertumbuhan diameter batang tanaman cabai merah. f. Persamaan: Relevansi yakni menjadi landasan bagi penelitian ini dalam memberikan kadar dan jumlah pupuk. g. Perbedaan: Pada penelitian ini melakukan uji terhadap penggunaan variasi konsentrasi dalam pupuk yang dihasilkan dari limbah ikan terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah, sementara penelitian yang akan dijalankan memakai pupuk <i>biochar three in one</i>

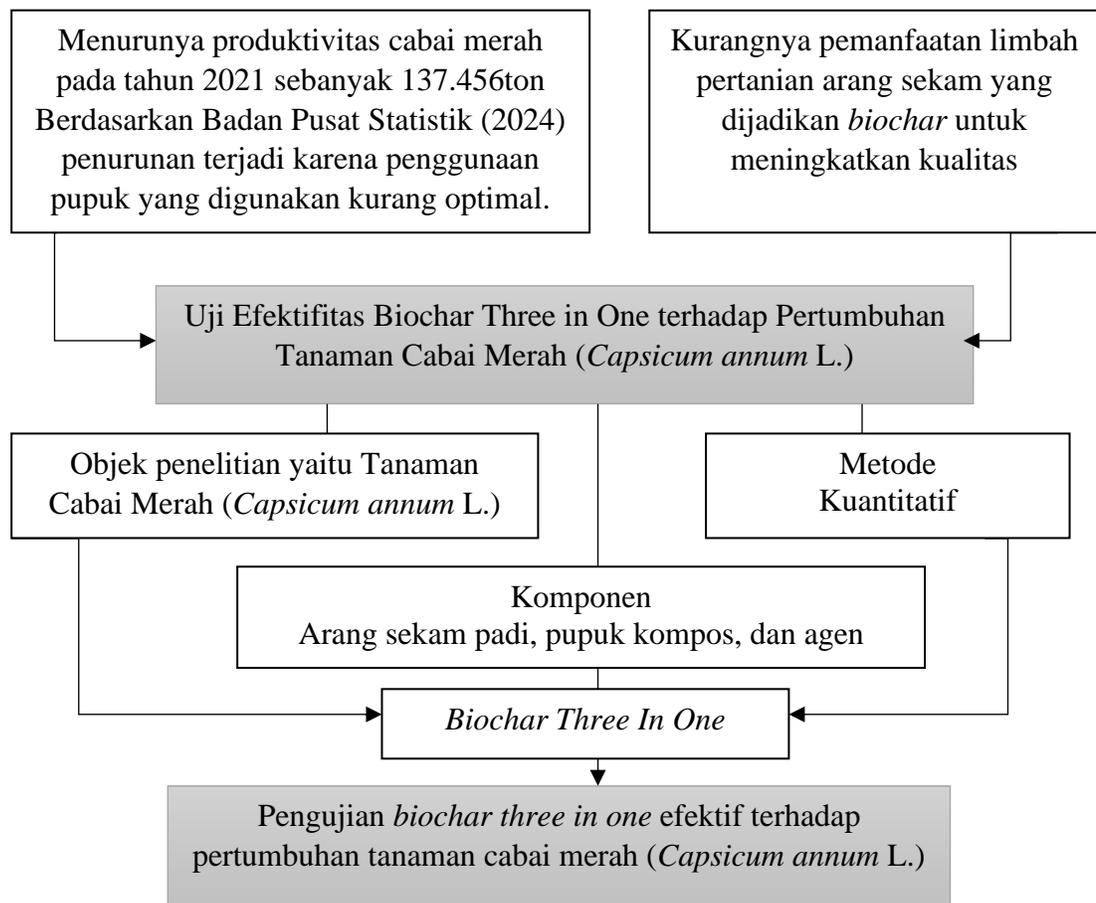
2.	<p>a. Peneliti: Sukmawati Suparhun, Muhammad Anshar, Yohanis Tambing/ 2015</p> <p>b. Judul: Pengaruh Pupuk Organik dan POC dari Kotoran Kambing Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annum L.</i>)</p> <p>c. Tempat Penelitian: Desa Binangga, Kecamatan Marawola, Kabupaten Sigi</p> <p>d. Metode: Rancangan Acak Lengkap (RAL)</p> <p>e. Hasil Penelitian: Penggunaan pupuk organik bokashi yang dihasilkan dari kotoran hewan kambing serta pupuk kotoran kambing memberikan pengaruh nyata terhadap parameter berat segar, tinggi tanaman, tajuk kuantitas daun, luas daun dan akar serta berat kering tajuk serta akar tanaman dan berat segar total tanaman serta pada berat kering dari keseluruhan total tanaman.</p> <p>f. Persamaan: Relevansi terletak pada upaya menggunakan pupuk yang dihasilkan dari kotoran kambing terhadap pertumbuhan tanaman</p> <p>g. Perbedaan: Pada penelitian ini pupuk digunakan untuk budidaya tanaman cabai merah (<i>Capsicum annum L.</i>), sementara dalam penelitian pupuk diberikan kepada tanaman cabai merah (<i>Capsicum annuum L.</i>)</p>
3.	<p>a. Peneliti: Melly Handayani Br. Purba/ 2018</p> <p>b. Judul: Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annuum L.</i>) Terhadap Pemberian <i>Biochar</i> Kulit Jengkol dan Pupuk Kandang Ayam</p> <p>c. Tempat Penelitian: Desa Dagang Kerawang, Jalan Sei Merah Dusun V Kecamatan Tanjung Morawa A dengan ketinggian 18 meter di atas permukaan laut (dpl).</p> <p>d. Metode: Rancangan Acak Lengkap (RAL)</p> <p>e. Hasil Penelitian: Penggunaan pupuk organik bokashi yang dihasilkan dari kotoran hewan kambing serta pupuk kotoran kambing memberikan pengaruh nyata terhadap parameter berat segar, tinggi tanaman, tajuk</p>

	<p>kuantitas daun, luas daun dan akar serta berat kering tajuk serta akar tanaman dan berat segar total tanaman serta pada berat kering dari keseluruhan total tanaman.</p> <p>f. Persamaan: Relevansi terletak pada upaya menggunakan pupuk yang dihasilkan dari kotoran kambing terhadap pertumbuhan tanaman</p> <p>g. Perbedaan: Pada penelitian ini pupuk kandang yang digunakan yaitu pupuk kandang ayam yang dikombinasikan dengan pemberian biochar kulit jengkol, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan pupuk dari kompos.</p>
4.	<p>a. Peneliti: Hapsoh, Gusmawartati, Al Ichsan Amri, dan Asty Diansyah</p> <p>b. Judul: Respon Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Cabai Keriting (<i>Capsicum annuum</i> L.) terhadap Aplikasi Pupuk Kompos dan Pupuk Anorganik di Polybag</p> <p>c. Tempat Penelitian: Kebun Percobaan Jl. Melati Panam</p> <p>d. Metode: Rancangan Acak Lengkap (RAL)</p> <p>e. Hasil Penelitian: Pemanfaatan pupuk kompos serta menambahkan NPK dinilai tidak berbeda nyata terhadap variabel panjang buah, tinggi tanaman, tetapi memperlihatkan hasil yang berbeda nyata terhadap variabel umur panen, diameter batang, serta umur berbunga tanaman cabai.</p> <p>f. Persamaan: Relevansi yakni terletak pada tujuannya yakni melihat hasil pertumbuhan dari tanaman cabai (<i>Capsicum annuum</i> L.)</p> <p>g. Perbedaan: Pada penelitian ini pupuk yang diberikan yakni jenis pupuk kompos serta anorganik, sementara dalam penelitian yang akan dijalankan memakai pupuk organik cair</p>
5.	<p>a. Peneliti: Riezy Ade Putra, Sumarmi, Y. Sartono Joko S (2021)</p> <p>b. Judul: Uji Efektifitas Penggunaan <i>Biochar</i> terhadap Hasil Varietas Kedelai (<i>Glycine max</i> L. Merr)</p>

<p>c. Tempat Penelitian: Desa Sugihan, Kec. Bulokerto, Kab. Wonogiri</p> <p>d. Metode: Rancangan Acak Lengkap (RAL)</p> <p>e. Hasil Penelitian: Bahwa perlakuan perlakuan macam biochar berpengaruh nyata terhadap jumlah polong dan jumlah biji.</p> <p>f. Persamaan: Menggunakan <i>biochar</i> arang sekam</p> <p>g. Perbedaan : Menggunakan parameter pengamatan terdiri dari jumlah polong, jumlah biji, dan berat 100 biji pada penelitiannya</p>

Berdasarkan uraian penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *biochar* terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah, secara umum, penelitian- penelitian tersebut relevan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis, relevansi tersebut diantaranya yaitu *biochar* (arang sekam) dan pengaplikasiannya pada tanaman cabai merah.

E. Kerangka Pemikiran



Bagan 2.1 Kerangka Pemikiran

Penerapan *biochar three in one* dianggap sebagai salah satu alternatif solusi dalam meningkatkan teknik budidaya pertanian, khususnya dalam memperbaiki kualitas tanah serta menyediakan nutrisi tambahan yang dibutuhkan tanaman untuk mendukung produktivitasnya. *Biochar* merupakan hasil pembakaran biomassa secara tidak sempurna (pirolisis) yang dikenal memiliki banyak manfaat bagi tanah, seperti memperbaiki struktur tanah, meningkatkan retensi air, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara. Selain itu, *biochar* juga dapat membantu menetralkan keasaman tanah dengan meningkatkan nilai pH tanah. Dalam konteks budidaya cabai merah penggunaan *biochar* diharapkan mampu menunjang pertumbuhan tanaman secara optimal. Meski begitu, efektivitas *biochar* tetap dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan tingkat keasaman tanah.

F. Asumsi

Menurut Triadiawarman, D., Aryanto, D., & Krisbiyantoro, J. (2022 hlm 28), Pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh nutrisi serta ketersediaan unsur hara makro dan mikro yang esensial. Unsur hara makro, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), dibutuhkan dalam jumlah besar untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman.

G. Hipotesis

H1: Pengujian *biochar three in one* efektif terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah (*Capsicum annum L.*)

H0: Pengujian *biochar three in one* tidak efektif terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah (*Capsicum annum L.*)

H. Keterkaitan dengan Pembelajaran

Penelitian ini dapat menambah pengetahuan wawasan serta pengalaman mengenai efektivitas yang terdapat pada *biochar three in one* terhadap pertumbuhan cabai merah (*Capsicum annum L.*) dapat dijadikan sebagai sumber bahan ajar bagi guru dan peserta didik SMA kelas XII khususnya pada KD 3.1 Menjelaskan pengaruh faktor internal dan faktor eksternal terhadap pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup.