

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Ultisol

Ultisol merupakan Salah satu tanah pertanian utama di Indonesia yang menempati areal yang paling luas setelah inseptisol (Nursyamsi, 2006). Tanah ultisol memiliki penyebaran sekitar 45.8 juta ha atau sekitar 24.3% dari total daratan Indoneisa, yang tersebar di seluruh di berbagai wilayah terutama di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua (Puslittanak, 2000 dalam Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Dilihat dari penyebarannya yang berada pada daerah dengan intensitas hujan tahunan yang tinggi tanah ini biasanya memiliki tingkat kemasaman tanah yang tinggi seperti yang disampaikan oleh Prasetyo dan Suriadikartta (2006), berdasarkan sifat kimia tanah, tanah ultisol merupakan tanah yang memiliki kemasaman tanah yang tinggi, Rata-rata pH tanah pada tanah ultisol mencapai $< 4,5$ dengan kejenuhan basa $< 35\%$ (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Kandungan bahan organik pada tanah ultisol disebabkan oleh tingginya curah hujan dan suhu yang tinggi di daerah tropika menyebabkan reaksi kimia berjalan cepat sehingga proses pelapukan dan pencucian berjalan cepat. Kondisi daerah dengan curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan hara didalam tanah tercuci dengan cepat. Hal inillah yang menyebabkan tanah ultisol miskin kandungan hara makro terutama P, K, Ca, dan Mg. Apabila ini terjadi, maka kejenuhan Al pada tanah akan tinggi. Selain itu, curah hujan yang tinggi menyebabkan tingkat erosi menjadi tinggi. Sehingga apabila bahan organik pada lapisan atas tanah ultisol ini tererosi maka tanah ultisol miskin bahan organik (Agusni dan Satriawan, 2012). Kondisi tanah yang seperti dijelaskan diatas merupakan factor utama kendala dalam pertumbuhan tanaman bawang merah.

Jika dilihat dalam skala besar, tanah utisol banyak dimanfaatkan, untuk perkebunan kelapa sawit, karet dan hutan tanaman industry. Potensi besar yang dimiliki tanah ultisol dalam pengembangan perluasan dalam pengembangan luasan lahan pertanian. Sehingga bila dibandingkan dengan potensinya maka masih terbuka peluang untuk pengembangan tanaman pangan. Namun demikian, kendala yang

dihadapi pada tanah ini harus tetap di perhatikan seperti sifat biokimia tanah dan sifat fisika tanah.

2.2. Peran Bahan Organik Terhadap Aktivitas Mikroorganismen Tanah

Bahan organik adalah semua bahan yang berasal dari jaringan tanaman atau hewan, baik dalam keadaan hidup maupun sudah mati. Sisa tanaman, hewan, atau kotoran hewan, juga sisa jutaan makhluk kecil yang berupa bakteri, jamur, ganggang, hewan bersel satu, maupun bersel banyak merupakan sumber bahan organik yang berperan untuk memperbaiki sifat kimia, dan biologi tanah (Simanungkalit *et al.*, 2006). Bahan organik sangat baik bagi kesuburan dan kualitas tanah yang diperuntukkan tanah untuk menunjang pertumbuhan tanaman seperti yang di kemukakan oleh Atmojo (2003) bahwa pada masa awal budidaya pertanian, hara yang diperlukan tanaman hanya mengandalkan sumber alami dari tanah, baik yang berasal dari bahan organik dan bahan mineral tanah.

Bahan organik dalam tanah merupakan sumber energi bagi makro dan mikro fauna tanah. Penambahan bahan organik dalam tanah akan meningkatkan aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah yang berkaitan dengan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik (Atmojo, 2003). Murphy *et al.* (2011) menjelaskan bahwa ukuran, fungsi, dan struktur komunitas mikroba tanah berkaitan dengan jumlah karbon tanah, yang juga berhubungan dengan keberadaan bahan organik tanah. fauna tanah tersebut juga nantinya berperan pada proses humifikasi, pelepasan hara, dan pemeliharaan struktur tanah.

2.3. Biochar

Biochar merupakan bahan pembenah tanah yang terbuat dari residu tanaman, potongan kayu, dan pupuk kandang, biochar juga disebut arang hayati yang bersifat porous (berpori), dan dapat menambah kesuburan tanah pertanian. Biochar juga dapat bertahan ribuan tahun didalam tanah bila digunakan untuk pengurangan emisi CO₂, sementara dalam jangka panjang biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen, bahkan biochar mampu meningkatkan air dan nutrisi yang tersedia dalam tanah bagi tanaman (Anggraini *et al.*, 2015).

Biochar dapat dibuat dari berbagai sumber limbah pertanian terutama yang sudah terdekomposisi atau dengan C/N tinggi seperti kulit kakao, sekam padi, batok kelapa, dan lain lain. Dilihat dari pengaruhnya, pemberian biochar sangat baik untuk tanah yang memiliki bahan organik dan kemandapan agregat rendah, permeabilitas lambat, serta kejenuhan basa yang rendah. Tanah-tanah yang memiliki masalah demikian salah satunya Ultisol (Zhaeittun, 2016). Biochar sebagai pembenah tanah dapat meningkatkan bahan organik di dalam tanah. biochar merupakan padatan kaya kandungan karbon yang merupakan hasil konversi dari biomas melalui proses pirolisis (Hartatik *et al.*, 2008). Biochar pada tanah-tanah pertanian bermanfaat sebagai bahan penambah ketersediaan hara dalam tanah, menambahkan retensi hara dan air, menciptakan habitat yang baik untuk mikroorganismes. Selain itu manfaat lainnya adalah meningkatkan produksi tanaman pangan, mengurangi laju emisi CO₂. Dalam tanah biochar menyediakan media tumbuh yang baik bagi mikroba tidak untuk dikonsumsi oleh mikroba melainkan sebagai tempat tinggal mikroba dalam tanah. Penambahan biochar ketanah juga dapat meningkatkan ketersediaan kation utama, fosfor, total nitrogen dan kapasitas tukar kation dalam tanah.

Tabel 1. Pengaruh pemberian biochar terhadap kandungan bahan organik, pH, dan KTK

Peneliti	Dosis ton/ ha	C-organik (%)		pH		KTK (cmol/kg)	
		Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
Chan <i>et al.</i>, (2007b)	50,0	2,16	4,34	4,77	5,38	8,40	9,10
Islami <i>et al.</i>, (2011b)	15,0	1,04	2,53	-	-	15,15	18,30
Masulili <i>et al.</i>, (2010)	10,0	0,78	4,09	3,36	4,40	6,64	8,83
Orguntunde <i>et al.</i>, (2004)	-	0,90	1,80	5,80	7,60	4,50	4,80
Yamato <i>et al.</i>, (2006)	-	-	-	3,90	5,10	10,12	12,72

Sumber: Utomo (2012).

2.4. Pupuk Organik Hayati

Penggunaan pupuk ke tanah merupakan kegiatan yang diperuntukkan untuk memperbaiki sifat kimia, sifat fisik maupun sifat biologi tanah. Bahan yang digunakan sebagai pupuk yang digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah memiliki banyak jenis diantaranya pupuk hayati. Pupuk hayati (*biofertilizer*) merupakan suatu bahan yang mengandung mikroorganisme positif seperti bakteri ataupun jamur yang diperuntukkan untuk meningkatkan kualitas dan kesuburan tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman, seperti yang dikemukakan oleh (Prasetyo dan Suriadikarta *et al.*, 2006) pupuk hayati adalah pupuk yang mengandung mikroba yang menguraikan atau mengikat unsur hara sehingga unsur hara tersebut dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Umumnya mikroba yang digunakan adalah mikroba yang mampu hidup bersama (simbiosis) dengan tanaman inangnya. Dimana keuntungan yang didapat yaitu tanaman mendapatkan unsur hara yang diperlukan sedangkan mikroba mendapatkan bahan organik sebagai aktivitas dan pertumbuhan.

Pupuk organik hayati (POH) pupuk dari bahan organik yaitu residu tanaman, pupuk hijau, pupuk kandang, juga meliputi mikroba seperti bakteri dan jamur (Suliasih dan Widawati, 2015). Pengertian pupuk organik hayati secara umum adalah pupuk yang mengandung isolat unggul seperti mikroba penambat nitrogen (N_2), mikroba pelarut fosfat (P), atau mikroba perombak selulosa yang diberikan ke biji, tanah ataupun tempat pengomposan dengan tujuan meningkatkan jumlah mikroba perombak selulosa dan mempercepat proses perombakan sehingga hara tersedia bagi tanaman.

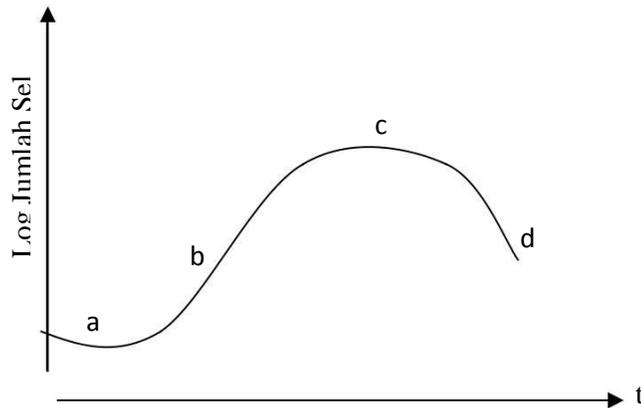
2.5. Mikroorganisme Tanah

Mikroorganisme tanah merupakan jasad hidup yang ukurannya kecil atau sering disebut dengan jasad renik. Dikarenakan ukurannya yang sangat kecil mikroba tidak dapat dilihat secara kasat mata, ukuran mikroba biasanya dinyatakan dalam mikron. Dimana 1 mikron sama dengan 0,001mm. Untuk dapat melihat sel mikroba diperlukan peralatan khusus seperti menggunakan mikroskop (Sumarsih, 2003). Mikroorganisme didalam tanah banyak ditemukan didaerah perakaran (*rhyzophere*).

Menurut Simatupang (2008), rhizosfer merupakan bagian tanah yang berada disekitar perakaran tanaman. Populasi mikroorganisme di rhizosfer umumnya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah nonrhizosfer. Mikroba dalam tanah berperan sebagai produsen, konsumen maupun resdusen. Jasad produsen menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik dengan energi sinar matahari. Mikroba yang berperan sebagai produsen adalah alagae dan bakteri fotosintetik. Jasad konsumen menggunakan bahan organik yang dihasilkan oleh produsen, contoh mikroba konsumen adalah protozoa. Jasad produsen menguraikan bahan organik dan sisa-sisa jasad hidup yang mati menjadi unsur-unsur kimia (mineralisasi bahan organik), sehingga di alam terjadi siklus unsur-unsur kimia, contoh mikroba produsen adalah bakteri dan jamur (Sumarsih, 2003).

Didalam tanah terdapat bermacam-macam mikroorganisme yang hidup didalamnya seperti bakteri dan jamur. peran mikroorganisme dalam tanah mempengaruhi kualitas dan kesuburan tanah, maka dari itu mikroorganisme menjadi aspek penting dalam ekosistem tanah. Mikroorganisme juga bertanggung jawab atas pelapukan bahan organik dan pendauran unsur hara, dengan demikian mikroorganisme mempunyai pengaruh terhadap sifat kimia dan sifat fisik tanah (Anas, 1989). Mikroorganisme melakukan berbagai aktivitas yang saling berinteraksi dengan sesama mikroorganisme lain. Peran mikroorganisme didalam tanah sangat besar bagi kehidupan dimana seluruh proses mineralisasi dan dekomposisi seresah bahan organik menjadi anorganik terjadi karena peran mikroorganisme yang ada di dalam tanah. Mikroorganisme didalam tanah menguraikan sisa organik yang telah mati menjadi unsur-unsur yang dikembalikan kedalam tanah seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Calsium (Ca), Mangan (Mn), dan keatmosfer (CH_4 atau CO_2) sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman (Wicaksono *et al.*, 2015). Aktivitas mikroorganisme disekitar perakaran dipengaruhi oleh eksudat yang dihasilkan oleh perakaran tanaman. Beberapa mikroorganisme rhizosfer berperan dalam siklus hara dan proses pembentukan tanah, pertumbuhan tanaman, memengaruhi aktivitas mikroorganisme, serta sebagai pengendali hayati terhadap patogen akar.

Salah satu mikroorganisme tanah adalah bakteri, bakteri didalam tanah juga mengalami pertumbuhan atau perkembangan, pertumbuhan bakteri dapat digambarkan pada suatu kurva pertumbuhan yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan Bakteri (Sumber: Hamdiyati, 2011)

Kurva pertumbuhan bakteri dapat dipisahkan menjadi 4 fase utama: a) fase lag (fase lamban atau fase adaptasi), b) fase log atau fase pertumbuhan eksponensial, pada fase ini mikroba membelah dengan cepat dan konstan mengikuti logaritmik. Pada fase ini sangat di pengaruhi oleh media tumbuhnya seperti pH dan kandungan nutrisi, juga kondisi suhu dan kelembaban udara, pada fase ini mikroba membutuhkan banyak energi dibandingkan pada fase lainnya, c) fase stationer, pada fase ini jumlah populasi sel tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. d) fase kematian, pada fase ini mikroba mengalami kematian karena beberapa sebab seperti energi cadangan didalam sel sudah habis dan nutrisi didalam media habis (Hamdiyati, 2011).

Mikroorganisme tanah yang bermanfaat antara lain bakteri pelarut fosfat (BPF) dan bakteri penambat nitrogen non-simbiotik. Bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri yang berperan dalam penyuburan tanah karena mampu melarutkan fosfat dengan mengekskresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah seperti asam oksalat, suksinat, fumarat, dan malat. Asam-asam organik tersebut yang bereaksi dengan bahan pengikat fosfat, seperti Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , atau Mg^{2+} membentuk

khelat organik yang stabil sehingga mampu membebaskan ion fosfat terikat dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Simanungkalit *etal.*, 2008).

2.6. Respirasi Tanah

Respirasi tanah didefinisikan sebagai penggunaan oksigen atau pembebasan karbondioksida oleh mikroorganisme tanah didalamnya seperti bakteri, fungi, algadan protozoa. Respirasi mikroorganisme tanah mencerminkan aktivitas mikroorganisme tanah. Pengukuran respirasi telah mempunyai korelasi yang baik dengan parameter lain yang berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme tanah seperti bahan organik tanah, transformasi N, hasil anara pH dan rata-rata jumlah mikroorganisme (Iswandi, 1989). Penetapan respirasi tanah didasarkan pada penetapan : (1) Jumlah CO₂ yang dihasilkan; (2) Jumlah O₂ yang digunakan oleh mikroba tanah. Pengukuran respirasi ini berkorelasi baik dengan peubah kesuburan tanah yang berkaitar dengan. aktifitas mikroba seperti: (1) Kandungan bahan organik; (2)Transformasi N atau P; (3)Hasil antara pH dan rata-rata jumlah mikroorganisme (Andre, 2010).



Gambar 2. Reaksi Respirasi

Respirasi tanah merupakan suatu proses yang terjadi karena adanya kehidupan mikroorganisme yang melakukan aktivitas hidup dan berkembang biak dalam suatu masa tanah. Mikroorganisme dalam setiap aktivitasnya membutuhkan O₂ atau mengeluarkan CO₂ yang dijadikan dasar untuk pengukuran respirasi tanah. Banyaknya populasi mikroba mempengaruhi keluaran CO₂ atau jumlah O₂ yang dibutuhkan mikroba. Oleh karena itu respirasi tanah mencerminkan aktivitas metabolic mikroba daripada jumlah, tipe, atau perkembangan mikroba tanah (Ragil, 2009 dalam Soemarno, 2010).

Penentuan respirasi tanah dapat dilakukan dengan cara pengukuran CO₂ dalam system tertutup, pengukuran CO₂ dengan proses aerasi secara kontinyu, dan pengukuran secara kontinyu penggunaan oksigen dengan menggunakan respirator Sapromat. Penentuan CO₂ dalam sistem tertutup dapat dilakukan dengan

mengabsorpsi CO₂ yang dihasilkan selama respirasi tanah pada sistem tertutup. Absorben alkali, seperti larutan NaOH, umum digunakan pada metode ini (Fitri, 2002).

2.7. Enzim Tanah

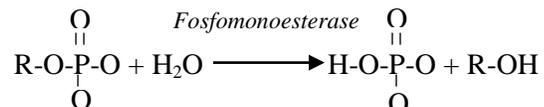
Enzim merupakan aktivator vital dalam proses kehidupan, juga diketahui di dalam tanah memainkan peran penting dalam menjaga kesehatan tanah dan lingkungannya. Aktivitas enzimatik di dalam tanah terutama berasal dari mikroba berasal dari enzim intraselular, sel atau enzim bebas (Shukla dan Varma, 2011). Enzim tanah menawarkan berbagai macam fungsi yang sangat penting. Enzim tanah terlibat dalam siklus nutrisi didalam tanah, mempengaruhi penggunaan pupuk secara efisien, menggambarkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah dan berperan sebagai indikator perubahan tanah (Dick *et al.*, 2000). Enzim tanah adalah kelompok enzim yang penduduknya biasa adalah tanah dan berada terus memainkan peran penting dalam menjaga ekologi tanah, fisik dan sifat kimia, kesuburan, dan kesehatan tanah. Enzim tersebut berperan dalam fungsi biokimia dan seluruh proses dekomposisi bahan organik di dalam sistem tanah (Sinsabaugh *et al.*, 1991) Sumber enzim tanah meliputi mikroba hidup dan mati, akar tanaman dan residu, dan fauna tanah. Enzim yang distabilkan dalam matriks tanah terakumulasi atau membentuk kompleks dengan kompleks bahan organik (humus), tanah liat, dan humus-tanah liat. persentase 40 sampai 60% aktivitas enzim dapat berasal dari enzim yang stabil, sehingga aktivitas tidak selalu berkorelasi tinggi dengan biomassa mikroba atau respirasi. Oleh karena itu, aktivitas mikroba jangka panjang dan aktivitas populasi yang layak dalam pengambilan sampel (USDA, 2010). Tingkat enzim dalam sistem tanah bervariasi dalam jumlah terutama karena faktanya bahwa jumlah setiap jenis tanah memiliki kandungan bahan organik, komposisi dan aktivitas organisme hayati dan intensitas proses biologis yang berbeda. Dalam prakteknya reaksi biokimia sebagian besar disebabkan oleh kontribusi katalis dari enzim dan substrat bervariasi yang berfungsi sebagai sumber energi untuk mikroorganisme (Kiss *et al.*, 1978 dalam Das dan

Varma, 2011). Enzim tersebut dapat meliputi amylase, arilsulfat, b-glukosidase, selulase, kitinase, dehydrogenase, fosfatase, protease, dan urease.

2.8. Fosfomonoesterase (PME-ase)

Fosfor merupakan nutrisi esensial yang diperlukan bagi tanaman. Fosfor memegang peran penting dalam proses metabolisme. Fosfor didalam tanah dijumpai dalam bentuk fosfor organik dan anorganik. Fosfor yang tersedia bagi tanaman yaitu fosfor dalam bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} . Dan umumnya bentuk fosfor yang lebih tersedia bagi tanaman adalah HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} (Rahmat dan Suliasih, 2006). Sumber fosfat yang ada di dalam tanah sebagai fosfat mineral yaitu batu kapur fosfat, sisa-sisa tanaman dan bahan organik lainnya. Perubahan fosfor organik menjadi fosfor anorganik dilakukan oleh mikroorganisme. Selain itu, penyerapan fosfor juga dilakukan oleh liat dan silikat (Isnaini, 2006). Ketersediaan fosfor didalam tanah ditentukan oleh banyak faktor, faktor yang paling mempengaruhi keberadaan fosfor didalam tanah adalah pH. Pada pH rendah fosfor akan bereaksi dengan ion besi dan aluminium membentuk Fe-fosfat dan Al-fosfat. Pada tanah dengan pH tinggi fosfor akan beraksi dengan ion kalsium membentuk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Tanaman tidak dapat menyerap P dalam bentuk terikat dan harus diubah menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Mikroba tanah berperan dalam beberapa aktivitas dalam tanah seperti pelarutan P terikat oleh sekresi asam, dan mineralisasi komponen fosfat organik dengan mengubahnya menjadi bentuk anorganik.

Mineralisasi fosfat organik juga melibatkan peran mikroba tanah melalui produksi enzim fosfatase seperti fosfatase asam dan basa. Beberapa enzim fosfatase seperti fosfomonoesterase, fosfodiesterase, trifosfomonoesterase dan fosfoamidase yang pada umumnya terdapat dalam tanah (Rahmat dan Suliasih, 2006). Ada beberapa jenis fungi dan bakteri yang diidentifikasi mampu melarutkan bentuk P tak terlarut menjadi bentuk tersedia bagi tanaman seperti *Bacillus polymyxa*, *B. subtilis*, *B. firmus*, *Bacterium mycoides*, *Bacterium mesentericus*, *Pseudomonas striata*, *P. putida*, *Citrobacter intermedium*, *Serratia mesenteroides*, *Aspergillus awamori*, dan *Penicillum digitatum*.



Enzim fosfomonoesterase (PME-ase) berdasarkan reaksi biokimia yang dikatalisnya termasuk Gambar 3. Reaksi Kimia Enzim Fosfomonoesterase

penambahan H₂O pada ikatan ester fosfat (Lehninger, 1995). Enzim fosfomonoesterase (PME-ase) banyak dihasilkan pada ketersediaan fosfor rendah, fosfat dibebaskan dari fosfomonoester melalui hidrolisis secara enzimatik oleh enzim PME-ase.

2.9. Tanaman Bawang Merah

Terdapat beberapa syarat yang harus diketahui dalam melaksanakan budidaya bawang merah yaitu pertama adalah syarat iklim tumbuh tanaman bawang merah. Suhu terbaik untuk tanaman bawang merah adalah 25 – 32°C, dengan iklim kering dan kelembaban udaranya antara 80 – 90°C serta mendapatkan intensitas matahari minimal 4 – 7 jam setiap harinya. Umumnya tanaman bawang merah di budidayakan pada tanah gembur, subur, hingga tanah yang kaya akan bahan organik. Untuk keasaman tanah, sebaiknya tanah tersebut memiliki pH antara 5 – 7. Jika pH tanah dibawah 5, maka umbi bawang merah akan kecil. Sedangkan pH tanah diatas 7 hasilnya akan kecil dan memiliki mutu yang kurang baik (Rahmat, 1994).

2.10. Pengaruh Biochar dan Pupuk Organik Hayati (POH) Terhadap Produksi Tanaman Bawang Merah

Manfaat biochar didalam tanah diantaranya mampu meningkatkan air dan nutrisi yang tersedia dalam tanah bagi tanaman (Anggraini *et al.*, 2015). Biochar pada tanah-tanah pertanian bermanfaat sebagai bahan penambah ketersediaan hara dalam tanah, menambahkan retensi hara dan air, menciptakan habitat yang baik untuk mikroorganisme. Terbukti biochar dapat meningkatkan pertumbuhan pada tanaman bawang merah yang dilakukan oleh Pratama (2015) bahwa pemberian biochar 30 ton ha⁻¹ memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman dilihat dari tinggi

tanaman, jumlah anakan per rumpun, jumlah umbi per rumpun, bobot basah per rumpun, bobot kering per rumpun, dan potensi hasil.

Pemberian pupuk organik hayati (POH) dapat menciptakan kondisi tekstur dan struktur tanah lebih baik, mendukung pembentukan struktur remah dan kemantapan agregat tanah. Agregat tanah yang mantap akan memberikan aerasi yang baik sehingga oksigen cukup tersedia untuk respirasi tanaman, disamping itu dapat meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air (Hayatiningsih *et al.*, 2015). Berdasarkan hasil Penelitian Antonius *et al.* (2015) bahwa pupuk organik (kompos) yang diperkaya inokulan mikroba (pupuk hayati) yang mengandung bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas* sp.), bakteri penambat N, fungi perombak bahan organik (*Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp.) dapat meningkatkan hasil panen wortel sebesar 15-30 %, brokoli sebesar 65-90 % dan jagung sebesar 10 %.