

LEMBAR PENGESAHAN

**UJI MULTILOKASI PENGARUH ISOLAT BAKTERI
PENAMBAT NITROGEN, BAKTERI PELARUT FOSFAT
DAN MIKORIZA ASAL DESA CONDRU, KECAMATAN
PASIRIAN, KABUPATEN LUMAJANG TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI HIJAU
(*Brassica rapa var. parachinensis* L.)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan S-1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NORMA RAHMAWATI
NRP. 1508100005**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si. (Pembimbing 1)

Surabaya, 8 Agustus 2014

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. rer. nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si
NIP. 19690907 199803 2 001



UJI MULTILOKASI PENGARUH ISOLAT BAKTERI
PENAMBAT NITROGEN, BAKTERI PELARUT FOSFAT
DAN MIKORIZA ASAL DESA CONDRU, KECAMATAN
PASIRIAN, KABUPATEN LUMAJANG TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI HIJAU (*Brassica rapa*
var. *parachinensis* L.)

Nama Mahasiswa : Norma Rahmawati
NRP : 1508 100 005
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing: Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si

Abstrak.

Salah satu langkah efektif yang dapat dikembangkan dalam sistem pertanian yang produktif dan berkelanjutan adalah pemanfaatan pupuk hayati. Pada penelitian Nurhidayati, 2013 dihasilkan pupuk hayati dari isolat bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat, dan mikoriza yang telah diaplikasikan pada beberapa tanaman dengan media tanam tanah asal isolat. Untuk membuat pupuk hayati yang bisa diaplikasikan lebih luas, perlu dilakukan uji multilokasi. Penelitian ini menggunakan sawi hijau (Brassica rapa var. parachinensis L.) sebagai tumbuhan percobaan. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan vegetatif tanaman. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial. Faktor pertama adalah komposisi pupuk hayati, sedangkan faktor kedua adalah lokasi. Data hasil pengamatan pertumbuhan sawi akan diuji dengan ANOVA two way. Apabila terdapat perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan Uji Tukey. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, luas daun, dan berat kering tanaman tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun dan panjang akar tanaman sawi hijau.

Kata kunci : pupuk hayati, mikoriza, Bacillus sp., Azotobacter sp.

MULTILOCATION STUDY AND INFLUENCE OF NITROGEN-FIXING BACTERIA, PHOSPHATE-SOLUBILIZING BACTERIA, AND MYCORRHIZA ISOLATED FROM CONDRO VILLAGE, PASIRIAN, LUMAJANG TO *Brassica rapa* var. *parachinensis* GROWTH

Nama Mahasiswa : Norma Rahmawati
NRP : 1508 100 005
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing: Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si

Abstract.

One of the effective measures that can be developed in a system that is productive and sustainable agriculture is the utilization of biological fertilizers. Research conducted by Nurhidayati, 2013 resulting biological fertilizer produced from nitrogen-fixing bacteria isolates, phosphate-solubilizing bacteria, and mycorrhizae that has been applied to several plants with isolates from soil planting medium. To create a biological fertilizer that can be applied more widely, multilocation test need to be conducted. This study used *Brassica rapa* var. *parachinensis* L. as experimental object. The parameter that measured is vegetative growth of plant. This study used completely randomized design factorial. Biological fertilizer composition and location are variables that used in this study. Data were analyzed using ANOVA two way then continued Tukey test when there is significant influence. The results in this study showed that interaction between biological fertilizer composition and location has significant influence to plant height, leaf width, and dry weight but it has no significant influence to number of leaves and root length of *B. rapa* var. *parachinensis* L. Keywords : biological fertilizer, mycorrhiza, *Bacillus* sp., *Azotobacter* sp.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum Lokasi Pengambilan Tanah	5
2.1.1 Kabupaten Tuban	5
2.1.2 Kabupaten Gresik	5
2.1.3 Kabupaten Bangkalan	6
2.2 Mikroba Tanah	7
2.2.1 Bakteri Penambat Nitrogen	7
2.2.2 Bakteri Pelarut Fosfat	10
2.2.3 Mikoriza	12
2.2.4 Penggunaan Mikroba Tanah sebagai Inokulan	15
2.3 Pupuk Hayati	16
2.4 Sawi Hijau	18
BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Metode yang Digunakan	21
3.2.1 Pengambilan Sampel Tanah	21

3.2.2	Analisa Sifat Fisika dan Kimia Tanah	21
3.2.3	Sterilisasi Media Tanam	21
3.2.4	Peremajaan Isolat Bakteri	22
3.2.5	Pembuatan Pupuk Hayati	22
3.2.5.1	Pembuatan Pupuk Hayati Penambat N	22
3.2.5.2	Pembuatan Pupuk Hayati Pelarut P	23
3.2.5.3	Peremajaan Propagul Mikoriza	23
3.2.6	Penanaman	24
3.2.7	Pemeliharaan Tanaman	24
3.2.8	Parameter Pengukuran Pertumbuhan Tanaman ...	24
3.3	Rancangan Penelitian dan Analisa Data	25
3.3.1	Rancangan penelitian	25
3.3.2	Analisa data	26

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Pertumbuhan Tinggi Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica rapa</i> var. <i>parachinensis</i> L.)	28
4.2	Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Luas Daun Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica rapa</i> var. <i>parachinensis</i> L.).....	34
4.3	Pengaruh Komposisi Pupuk Hayatidan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Berat Kering Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica rapa</i> var. <i>parachinensis</i> L.).....	37
4.4	Pengaruh Komposisi Pupuk Hayatidan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Jumlah Daun Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica rapa</i> var. <i>parachinensis</i> L.).....	42
4.5	Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Panjang Akar Tanaman Sawi Hijau (<i>Brassica rapa</i> var. <i>parachinensis</i> L.).....	44

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	61

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Lokasi Pengambilan Tanah

2.1.1 Kabupaten Tuban

Kabupaten Tuban merupakan wilayah yang berada di jalur pantai utara Pulau Jawa. Sebagian besar Kabupaten Tuban termasuk dalam Zona Rembang yang didominasi endapan yang umumnya berupa batuan karbonat. Ketinggian daratan di Kabupaten Tuban berkisar 5 - 182 m dpl (Pemekab Tuban, 2006).

Keadaan tanah di Kabupaten Tuban terdiri dari tanah mediteran merah kuning, aluvial, dan grumusol. Tanah mediteran merah kuning berasal dari endapan batu kapur di daerah bukit sampai gunung (38% dari luas wilayah), terdapat di Kecamatan Semanding, Montong, Kerek, Palang, Jenu, sebagian Tambakboyo, Widang, Plumpang dan Merakurak. Tanah aluvial berasal dari endapan di daerah daratan dan cekungan (34% dari luas wilayah), terdapat di Kecamatan Tambakboyo, Bancar, Tuban, Palang, Rengel, Soko, Parengan, Singgahan, Senori, dan Bangilan). Tanah grumusol berasal dari endapan batuan di daerah yang bergelombang (5% dari luas wilayah) terdapat di Kecamatan Bancar, Jatirogo, dan Senori (Faiq, 2004).

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Desa Bektiharjo, Kecamatan Semanding. Desa ini memiliki luas wilayah 2.027.235 Ha dengan tanah sawah seluas 51.240 Ha, tanah kering seluas 58.033 Ha, dan tegalan seluas 922.225 Ha. Mata pencaharian utama penduduk di desa ini adalah pada bidang pertanian dengan komoditas utama antarlain jagung dan kacang tanah. Suhu udara rata-rata 30-33°C (Data Monografi Desa Bektiharjo, 2010).

2.1.2 Kabupaten Gresik

Hampir sepertiga bagian dari wilayah Kabupaten Gresik merupakan daerah pesisir pantai dengan ketinggian 0 - 25 m dpl. (Wiweka, 2008). Kabupaten Gresik memiliki jenis tanah glumusol dengan kandungan liat lebih besar dibandingkan unsur

pasir dan debu sehingga tanahnya kurang subur. Sementara tanah di sekitar Sungai Bengawan Solo memiliki lahan fluvial yang tanahnya subur sering dilanda banjir, sehingga pemanfaatan lahan ini masih kurang maksimal (Sarifah, 2010).

Sebagian besar tanah di Kabupaten Gresik terdiri dari jenis Aluvial, Grumusol, Mediteran Merah dan Litosol. Curah hujan di Kabupaten Gresik relatif rendah, yaitu rata-rata 2.000 mm/tahun sehingga hampir setiap tahun mengalami musim kering yang panjang. Berdasarkan ciri-ciri fisik tanahnya, Kabupaten Gresik dapat dibagi menjadi 4 bagian yaitu: (a). Kabupaten Gresik bagian Utara termasuk Ujung Pangkah adalah bagian dari daerah pegunungan Kapur Utara yang memiliki tanah yang relatif kurang subur; (b). Kabupaten Gresik bagian Tengah merupakan kawasan dengan tanah relatif subur; (c). Kabupaten Gresik bagian Selatan merupakan sebagian dataran rendah yang cukup subur dan sebagian merupakan daerah bukit (d). Kabupaten Gresik Wilayah Kepulauan (RPJMD Gresik, 2011).

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Desa Karangrejo, Kecamatan Ujungpangkah. Desa ini memiliki luas wilayah 271 Ha dengan tanah persawahan seluas 141 Ha dan tanah ladang seluas 31 Ha. Mata pencaharian utama penduduk di desa ini adalah pada bidang pertanian dengan komoditas utama adalah padi dan jagung (Profil Desa Karangrejo, 2013).

2.1.3 Kabupaten Bangkalan

Kabupaten Bangkalan merupakan salah satu kabupaten di Pulau Madura. Tanah di Madura umumnya terbentuk dari bahan induk batu kapur di bawah pengaruh iklim antara bulan basah dan kering (Supriyadi, 2007). Jenis tanah yang terdapat di Kabupaten Bangkalan meliputi aluvial hidromorf; aluvial kelabu kekuningan; asosiasi hidromorf; litosal; regusal coklat kekuningan; kompleks ground gorset kelabu dan lits; grumosol kelabu; kpl. grumosol kelabu litosal; kpl. mediteran coklat dan litosal; kpl. mediteran merah dan litosal; kpl. mediteran, grumosol, regusal litosal (Bangkalan Dalam Angka 2012)

Tanah di Madura memiliki pH pada kisaran asam hingga agak basa (6-7,5). Tekstur tanah yang dominan adalah tekstur halus disusul sedang dan persentase terendah adalah pada tekstur kasar. Tanah-tanah di Madura mempunyai reaksi tanah netral hingga alkalis, kandungan bahan organik dan nitrogen total rendah, fosfat total sedang hingga tinggi dan basa kalsium tinggi (Supriyadi, 2007). Tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Dusun Banangkah, Desa Kampek, Kecamatan Burneh, Kabupaten Bangkalan, Provinsi Jawa Timur.

2.2 Mikroba Tanah

Aktivitas mikroba tanah memiliki peran penting dalam perombakan bahan organik dan siklus hara yang menempatkan mikroba tanah sebagai salah satu faktor sentral dalam memelihara kesuburan dan produktivitas tanah (Husen *et al.*, 2007). Banyaknya mikroba dalam tanah berpengaruh terhadap sifat kimia dan fisika tanah, serta pertumbuhan tanaman (Hastuti *et al.*, 2007).

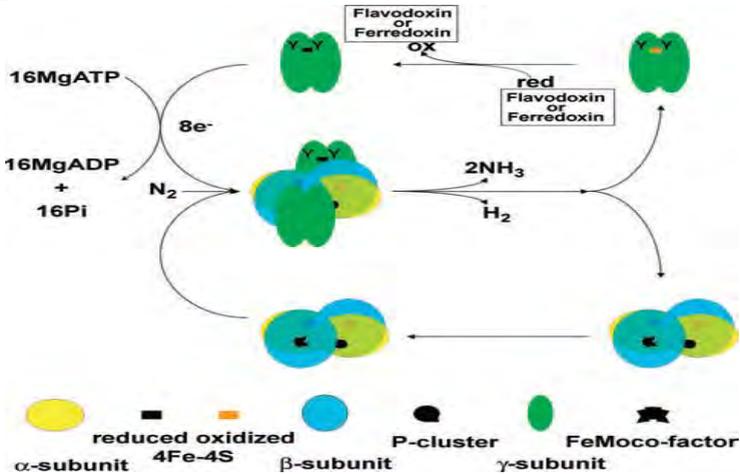
Salah satu macam dari bentuk kehidupan mikroba adalah bakteri. Bakteri memiliki kemampuan metabolik beragam dan memegang peranan penting dalam pembentukan tanah, dekomposisi bahan organik, remediasi tanah - tanah tercemar, transformasi unsur hara, dan mampu berintegrasi secara mutualistik dengan tanaman. Selain bakteri, adapun cendawan mikoriza (*fungi*) yang berperan sebagai perombak bahan organik, simbiosis yang menguntungkan, maupun agen agregasi tanah (Hastuti *et al.*, 2007).

2.2.1 Bakteri Penambat Nitrogen

Atmosfer tersusun oleh 80% gas nitrogen (N_2), tetapi nitrogen dalam bentuk N_2 tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh sebagian besar organisme hidup. Nitrogen merupakan hara makro yang paling penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Unsur ini merupakan elemen utama yang terdapat dalam jaringan tanaman dan sebagian besar diperoleh tanaman dari dalam tanah melalui akar. Nitrogen yang terkandung

di dalam jaringan tanaman cukup tinggi, yaitu sekitar 2% dari bobot kering total tanaman dan merupakan komponen protein, asam nukleat, koenzim, dan beberapa senyawa metabolit sekunder (Miller dan Cramer, 2004).

Masuknya nitrogen kedalam biosfer sehingga menjadi tersedia bagi tanaman terutama disebabkan oleh kegiatan mikroorganisme tanah yang mempunyai kemampuan untuk menggunakan nitrogen bebas dari udara dalam proses pembentukan sel-sel jaringan tubuhnya. Hal tersebut disebabkan karena jenis mikroba ini mempunyai enzim nitrogenase yang berfungsi untuk mengikat N_2 dari udara, baik secara simbiotik maupun nonsimbiotik (Ruhnayat, 2008). Menurut Campbell, Reece, dan Mitchell (2003), fiksasi nitrogen oleh bakteri pemfiksasi nitrogen merupakan suatu proses yang rumit dan bertahap. Secara ringkas reaksi pengikatan nitrogen sebagai berikut: $N_2 + 8e^- + 8H^+ + 16ATP \rightarrow 2NH_3 + H_2 + 16ADP + 16Pi$



Gambar 2.1 Mekanisme Nitrogenase (Cheng, 2008).

Fiksasi nitrogen secara simbiotik dilakukan oleh mikroba-mikroba yang umumnya hidup pada perakaran tanaman kacang-kacangan (*leguminosa*), sedangkan secara nonsimbiotik dilakukan

oleh mikroba-mikroba yang hidup bebas di dalam tanah, salah satu yang terpenting adalah bakteri *Azotobacter* sp. (Ruhnayat, 2008). Secara umum kemampuan *Azotobacter* untuk memfiksasi N sekitar 10 - 20 mg N/karbohidrat. Kemampuan memfiksasi N oleh *Azotobacter* ini dapat ditingkatkan antara lain dengan cara mengoptimalkan lingkungan tumbuhnya. Populasi *Azotobacter* di dalam tanah umumnya sedikit. Upaya inokulasi mikroba ini kedalam tanah sangat diperlukan untuk meningkatkan populasinya. Inokulasi *Azotobacter* disertai dengan pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan populasi *Azotobacter* di dalam tanah (Ruhnayat, 2008).

Biakan *Azotobacter* dapat berkembang dan membentuk koloni pada cawan agar yang diinkubasi dalam suhu ruang. Bakteri ini mempunyai kemampuan tumbuh dalam substrat yang banyak mengandung karbohidrat dan tidak mengandung nitrogen, sedangkan bakteri heterotrofik lain tidak tumbuh dalam kondisi ini karena tidak mempunyai kemampuan mengikat N₂ dari udara. Sifat ini memudahkan isolasi *Azotobacter* (Hastuti, 2007). Bakteri *Azotobacter* bersifat aerobik heterotrof (memerlukan O₂ dan karbohidrat) dan ditemukan pada pH tanah 4,5 – 9,0 (Ruhnayat, 2008). *Azotobacter* sensitif terhadap asam, konsentrasi garam yang tinggi dan temperatur di atas 35°C (Hamastuti, 2012).

Inokulasi bakteri penambat nitrogen seperti *Azotobacter* dan *Bacillus* sudah sering kali digunakan di Rusia pada tahun 1950an. Keuntungan yang dihasilkan dari inokulan tergantung pada sistem lahan, jenis tanaman, tanah, dan parameter lainnya. Sebagai contoh, adapun hasil dari penggunaan inokulan *Azotobacter paspali* mampu meningkatkan kandungan N lebih dari 150 kg/ha/tahun (Boddey *et al. dalam* Franche, *et al.*, 2009). Tidak hanya meningkatkan kandungan unsur N, akan tetapi inokulan bakteri penambat nitrogen (*Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp.) juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman *Ocimum basilicum* dengan hasil peningkatan tinggi tanaman, jumlah batang, berat basah maupun berat kering tanaman (Gendy *et al.*, 2013).

2.2.2 Bakteri Pelarut Fosfat

Unsur fosfat (P) adalah unsur esensial kedua setelah nitrogen (N) yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Ketersediaan fosfat dalam tanah jarang melebihi 0,1% dari total P. Sebagian besar bentuk fosfat terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Pada tanah masam, fosfat akan bersenyawa dengan aluminium membentuk Al-P sedangkan pada tanah alkali, fosfat akan bersenyawa dengan kalsium membentuk Ca-P yang sukar larut. Adanya pengikatan fosfat tersebut menyebabkan pemberian pupuk menjadi tidak efisien. Pemberian pupuk fosfat ke dalam tanah hanya 15-20% yang dapat diserap tanaman, sedangkan sisanya akan terserap di antara koloid tanah dan tinggal sebagai residu dalam tanah. Hal ini akan menyebabkan defisiensi fosfat bagi pertumbuhan tanaman (Ginting *et al.*, 2006).

Alternatif untuk meningkatkan defisiensi fosfat dalam tanah adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme pelarut fosfat, yaitu mikroorganisme yang dapat melarutkan fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Mikroorganisme pelarut fosfat dapat diisolasi dari tanah yang kandungan fosfatnya rendah terutama disekitar perakaran tanaman, karena mikroorganisme ini menggunakan fosfat dalam jumlah sedikit untuk keperluan metabolismenya (Ginting *et al.*, 2006). Mikroorganisme yang tergolong kelompok ini dapat berupa bakteri (*Bacillus*), jamur (*Aspergillus*, *Penicillium*), dan aktinomiset (*Streptomyces*) (Simanungkalit, 2001).

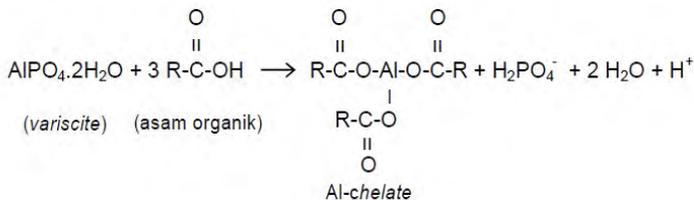
Kemampuan mikroorganisme pelarut fosfat sangat beragam tergantung dari jenis, daya adaptasi, kemampuan hidup pada lingkungan yang berbeda, jumlah asam organik yang dihasilkan, serta sumber fosfat yang digunakan. Mikroorganisme pelarut fosfat dari tanah tertentu jika diinokulasikan pada tanah lainnya belum tentu dapat mempertahankan kemampuan melarutkan fosfat (Santosa, 2007).

Pertumbuhan mikroorganisme pelarut fosfat sangat dipengaruhi oleh kemasaman tanah. Pada tanah masam, aktivitas

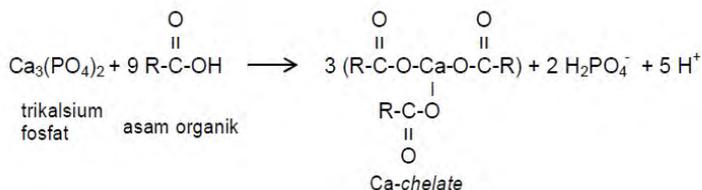
mikroorganisme didominasi oleh kelompok fungi sebab pertumbuhan optimum fungi pada pH 5 - 5,5. Sebaliknya, pertumbuhan kelompok bakteri optimum pada pH netral dan meningkat seiring dengan meningkatnya pH tanah. Kisaran hidup bakteri adalah pada pH 4 - 10,6 (Ginting *et al.*, 2006).

Setiap mikroba pelarut fosfat menghasilkan jenis dan jumlah asam organik yang berbeda dan ada kemungkinan satu jenis mikroba pelarut fosfat menghasilkan lebih dari satu jenis asam organik. Kemampuan asam organik melarutkan fosfat menurun dengan menurunnya konstanta stabilitas ($\log K$) menurut urutan sebagai berikut: asam sitrat > oksalat > tartarat > malat > laktat > glukonat > asetat > format (Santosa, 2007). Asam-asam organik sangat berperan dalam pelarutan fosfat karena asam organik tersebut relatif kaya akan gugus-gugus fungsional karboksil ($-\text{COO}^-$) dan hidroksil ($-\text{O}^-$) yang bermuatan negatif sehingga memungkinkan untuk membentuk senyawa kompleks dengan ion (kation) logam yang biasa disebut *chelate*. Asam-asam organik meng-*chelate* Al, Fe atau Ca, mengakibatkan fosfat terlepas dari ikatan $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sehingga meningkatkan kadar fosfat terlarut dalam tanah (Santosa, 2007).

Beberapa jenis bakteri diketahui sangat efektif dalam melarutkan fosfat dari batuan fosfat maupun residu fosfat dalam tanah. Sebagai contoh, *Bacillus megaterium* var *phosphaticum* telah dibuat formulanya dalam bentuk inokulan *phosphobacterin*. Inokulan ini berhasil digunakan dalam upaya peningkatan P-tersedia pada tanah di Uni Soviet, akan tetapi masih gagal digunakan di Amerika Serikat (Mullen dalam Santosa, 2007). Menurut Gaid dan Gaur dalam Subowo *et al.* (2010), mikroba pelarut fosfat dapat membantu dalam penyediaan unsur P tanah, misalnya *Bacillus subtilis*, *Bacillus circulans* dan *Aspergillus niger* yang mampu melarutkan tricalcium phosphate pada suhu 35°C, 40°C dan 45°C dengan pH rendah (pH 5). Berikut reaksi pelarutan fosfat dari Al-P atau Fe-P pada tanah (gambar 2.2).



Sedangkan reaksi pelarutan fosfat dari Ca-P pada tanah basa oleh asam organik sebagai berikut:



Gambar 2.2 Reaksi Pelarutan Fosfat (Santosa, 2007).

2.2.3 Mikoriza

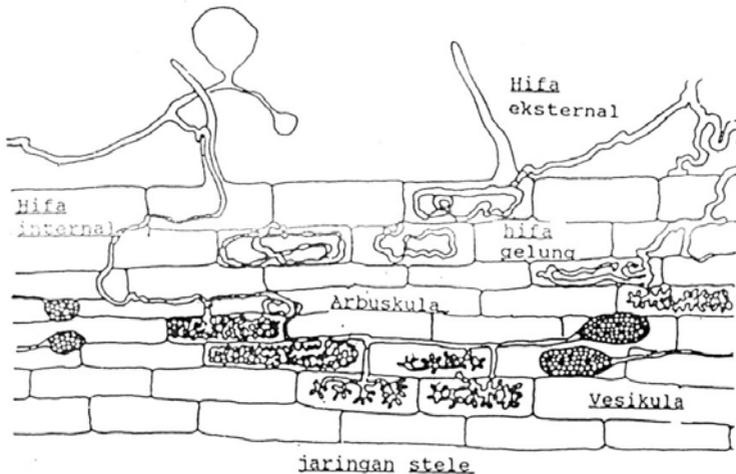
Mikoriza adalah akar yang mengalami modifikasi yang terdiri dari asosiasi simbiotik antara jamur dan akar. Jamur diuntungkan oleh lingkungan yang ramah dan persediaan gula yang stabil, yang disumbangkan oleh tumbuhan inang tersebut. Sebagai balasannya, jamur akan meningkatkan luas permukaan untuk pengambilan air dan penyerapan fosfat secara selektif, serta mineral lain dari tanah dan menyediakan seluruhnya bagi tumbuhan (Campbell, 2003).

Mikoriza terdiri dari dua tipe utama yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Jamur yang tergolong ke dalam ektomikoriza dicirikan oleh pertumbuhannya secara interseluler dan membentuk *hartig net*. Endomikoriza dicirikan oleh jamur yang tumbuh interseluler maupun intraseluler dalam sel korteks dan membentuk struktur khusus berupa vesikula, arbuskula dan hifa (Swasono, 2006). Karena karakter ini sering diberi nama vesikular arbuskular mikoriza (VAM) (Quilambo, 2003).

Arbuskul merupakan tempat penting dalam pemindahan nutrisi antara jamur dan tanaman. Bagi mata telanjang, endomikoriza kelihatan seperti akar “normal” lengkap dengan rambut akar, akan tetapi penggunaan mikroskop akan menunjukkan hubungan simbiotik yang sangat besar manfaatnya bagi nutrisi tumbuhan (Campbell, 2003).

Vesikel merupakan struktur jamur yang berasal dari pembengkakan hifa internal secara terminal dan interkalar, kebanyakan berbentuk bulat telur, dan berisi banyak senyawa lemak sehingga merupakan organ penyimpanan cadangan makanan dan pada kondisi tertentu dapat berperan sebagai spora atau alat untuk mempertahankan kehidupan jamur. Tipe CMA vesikel memiliki fungsi yang paling menonjol dari tipe jamur mikoriza lainnya. Hal ini dimungkinkan karena kemampuannya dalam berasosiasi dengan hampir 90 % jenis tanaman, sehingga dapat digunakan secara luas untuk meningkatkan probabilitas tanaman (Pattimahu, 2004).

Menurut Abbot dan Robson (1991) setiap spesies mikoriza vasikuler arbuskuler mempunyai kemampuan spesifik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi tanah yang kekurangan fosfor, paling tidak ada empat faktor yang berhubungan dengan kemampuan spesifik dari suatu spesies mikoriza vasikuler arbuskuler, yaitu (1) Kemampuan mikoriza vasikuler arbuskuler untuk membuat hifa yang efektif dan penyerapan hifa yang baik di dalam tanah, (2) Kemampuan mikoriza vasikuler arbuskuler untuk membentuk infeksi yang ekstensif pada seluruh sistem perakaran yang berkembang pada suatu tanaman, (3) Kemampuan dari hifa mikoriza vasikuler arbuskuler untuk menyerap fosfor dari larutan tanah, (4) Umur dari proses transport/ mekanisme sepanjang hifa ke dalam akar tanaman. Berikut ilustrasi yang memperlihatkan kondisi jaringan akar tanaman yang terinfeksi mikoriza (gambar 2.3).



Gambar 2.3 Jaringan Akar Tanaman yang Terinfeksi Mikoriza (Allen dalam Prihastuti, 2007).

Secara umum tanaman yang bermikoriza memiliki pertumbuhan yang lebih baik. Hubungan timbal balik antara cendawan mikoriza dengan tanaman inangnya mampu mendatangkan manfaat yang positif untuk keduanya. Hal ini menyebabkan inokulasi cendawan mikoriza dapat dikatakan sebagai pupuk hayati, baik untuk tanaman pangan, perkebunan, kehutanan maupun tanaman penghijauan karena kemampuannya dalam memberikan hasil pertumbuhan yang lebih baik pada tanaman (Nurhayati, 2012).

Pemanfaatan mikoriza arbuskular menjadi salah satu solusi dan alternatif untuk pengembangan dan peningkatan jumlah produksi pertanian, mengingat mikoriza adalah sumberdaya hayati potensial yang tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Namun meski demikian, keunggulan mikoriza masih tergantung pada banyak faktor karena sifatnya yang sangat spesifik, yakni spesifik tanaman inang, habitat, maupun infektivitasnya (Sasli *et al.*, 2012).

2.2.4 Penggunaan Mikroba Tanah sebagai Inokulan

Penggunaan mikroba dengan istilah inokulan didefinisikan sebagai suatu bentuk formula yang mengandung satu atau lebih spesies mikroba menguntungkan, yang diaplikasikan terlebih dahulu ke dalam media pembawa sebelum akhirnya dapat diinokulasikan pada tanaman (Bashan, 1998). Subha Rao *dalam* Simanungkalit *et al.* (2006) menganggap bahwa pemakaian inokulan mikroba bertujuan untuk meningkatkan jumlah mikroba dan mempercepat proses mikrobial tertentu untuk menambah banyaknya ketersediaan unsur hara dalam bentuk tersedia yang dapat diasimilasi oleh tanaman.

Penggunaan inokulan dengan media pembawa sendiri dapat meningkatkan efektifitas kerja inokulan sebagai agen pupuk hayati, memiliki waktu penyimpanan yang lebih tahan lama, dan proses asimilasi mikroorganisme dalam media pembawa dapat ditangani lebih mudah. Bahan pembawa untuk inokulan dapat digunakan apabila bahan tersebut tidak bersifat racun terhadap inokulan mikroorganisme itu sendiri, memiliki kapasitas absorpsi kelembaban yang baik, mudah dilakukan sterilisasi dengan autoklaf maupun penyinaran sinar gamma, mudah digunakan dan tidak mahal (Muraleedharan *et al.*, 2010).

Penggunaan inokulan dengan media pembawa biasanya dibuat melalui beberapa tahapan dalam proses *composting* terlebih dahulu, dimana hal tersebut mampu memberikan struktur C yang stabil akibat perubahan material organik dari bahan pembawa untuk inokulan mikroba. Hasil dari proses tersebut juga memiliki keunggulan karena akan lebih mudah diaplikasikan pada tanaman di kebun, lahan budidaya, maupun lahan pertanian. Salah satu aspek terpenting dalam proses dan hasil *composting* itu sendiri adalah kandungan C dan N pada bahan pembawa, dimana idealnya memiliki kandungan sekitar 25 – 30 (Smith *et al.*, 2007). Berikut beberapa pilihan media pembawa yang dapat digunakan untuk inokulan dalam proses *composting* (tabel 2.1)

Tabel 2.1 Perbandingan Kandungan C dan N pada Beberapa Macam Bahan Pembawa.

Bahan Pembawa	C dan N
Lumpur Aktif	9
Sisa Potongan Rumput	12 – 15
Kotoran	20 - 50
Limbah Ternak	15
Humus Tanah	10
Serbuk Kayu	200 - 500
Limbah Sayuran	12
Jerami	80
Kayu	400

(Sumber: Smith *et al.*, 2007)

2.3 Pupuk Hayati

Istilah pupuk hayati digunakan sebagai nama kolektif untuk semua kelompok fungsional mikroba tanah yang dapat berfungsi sebagai penyedia hara dalam tanah, sehingga dapat tersedia bagi tanaman. Pemakaian istilah inokulan mikroba lebih tepat dari istilah pupuk hayati. Bila inokulan hanya mengandung pupuk hayati mikroba, inokulan tersebut dapat juga disebut pupuk mikroba (*microbial fertilizer*) (Simanungkalit, 2006).

Mikroorganisme dalam pupuk mikroba yang digunakan dalam bentuk inokulan dapat mengandung hanya satu strain tertentu atau monostrain tetapi dapat pula mengandung lebih dari satu strain atau multistrain. Pada mulanya hanya dikenal inokulan yang hanya mengandung satu kelompok fungsional mikroba, tetapi perkembangan teknologi inokulan telah memungkinkan memproduksi inokulan yang mengandung lebih dari satu kelompok fungsional mikroba (Simanungkalit, 2006).

Pemupukan dengan pupuk hayati merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman. Pupuk hayati dapat meningkatkan mikroorganisme tanah yang bermanfaat, meningkatkan ketersediaan hara, memperbaiki agregat tanah, menghasilkan zat pemacu tumbuh dan tidak berbahaya bagi lingkungan (Syahputra, 2011). Sumber

utama dari pupuk hayati adalah bakteri, fungi, dan sianobakteria. Penggunaan yang paling banyak dewasa ini adalah mikroba penambat N dan mikroba untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah (Hamastuti, 2012). Tabel 2.2 menunjukkan berbagai kelompok pupuk hayati serta mikroorganisme yang tergolong ke dalam tiap kelompok tersebut.

Tabel 2.2 Berbagai Kelompok Mikroorganisme Pupuk Hayati

No.	Kelompok Pupuk Hayati	Sistem	Mikroorganisme
1.	Penambat Nitrogen Simbiotik	a. Simbiosis dengan legum b. Simbiosis dengan <i>Azolla</i> c. Simbiosis dengan non-legum (a.l. <i>Alnus</i> , <i>Myrica</i> , dan <i>Casuarina</i>)	<i>Rhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> , <i>Azorhizobium</i> , <i>Sinorhizobium</i> , <i>Mesorhizobium</i> , dan satu genus baru <i>Anabaena azollae</i> <i>Frankia sp.</i>
2.	Penambat Nitrogen Non-Simbiotik	Hidup bebas/asosiatif	a.l. <i>Azotobacter</i> , <i>Azospirillum</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Klebsiella</i> , alga biru-hijau
3.	Jamur Mikoriza	Simbiosis dengan berbagai tanaman	Endomikoriza (mikoriza arbuskular): <i>Acaulospora</i> , <i>Entrophospora</i> , <i>Gigaspora</i> , <i>Glomus</i> , <i>Sclerocytis</i> , dan <i>Scutellospora</i>)
4.	Mikroorganisme Pelarut Fosfat	Hidup bebas	Ektomikoriza Bakteri: a.l. <i>Bacillus</i> dan <i>Pseudomonas</i> Jamur: a.l. <i>Aspergillus</i> dan <i>Penicillium</i> Aktinomiset: <i>Streptomyces</i>

(Sumber : Simanungkalit, 2001).

Setiap mikroorganismenya mempunyai kemampuan untuk melarutkan atau mengikat unsur hara. Dengan demikian, pemakaian pupuk hayati diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara dalam tanah. Efisiensi pemupukan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh, antara lain kondisi tanah, suhu, dan curah hujan. Ketersediaan unsur hara dari pupuk dipengaruhi oleh kondisi tanah, seperti tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan kandungan unsur hara dalam tanah. Pertumbuhan dan hasil tanaman juga dipengaruhi oleh ketinggian tempat tumbuh yang secara langsung akan menentukan suhu udara dan efisiensi metabolisme tanaman. Faktor lain yang juga berpengaruh pada pertumbuhan dan produksi tanaman adalah curah hujan, yang selanjutnya akan menentukan jumlah air yang tersedia bagi pertumbuhan tanaman (Yusron, 2009).

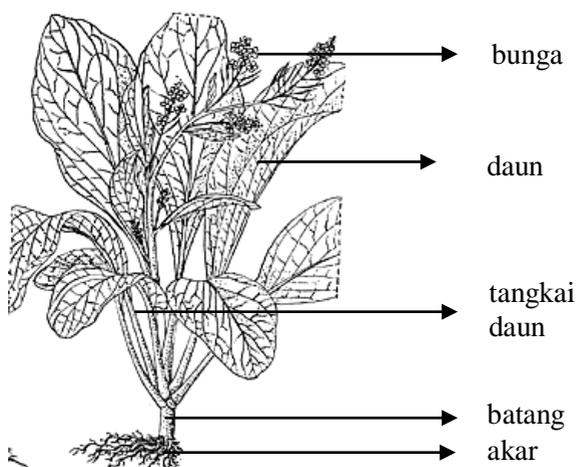
2.4 Sawi Hijau (*Brassica rapa* var. *parachinensis* L.)



Gambar 2.4 Tanaman Sawi Hijau (Lorrimer, 2009).

Sawi hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.) dikenal pula sebagai caisim, caisin, atau sawi bakso (Haryanto, 2005). Klasifikasi tanaman sawi berdasarkan C. Michael Hogan (2008) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Tracheophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Brassicales
Familia : Brassicaceae
Genus : Brassica
Spesies : *Brassica rapa* var. *parachinensis* L.



Gambar 2.5 Bagian-bagian Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.) (Toxopeus, H. & Baas, J., 2004).

Sawi hijau merupakan herba semusim yang mudah tumbuh. Perkecambahannya epigeal. Sewaktu muda tumbuh lemah, tetapi setelah daun ketiga dan seterusnya akan membentuk setengah roset dengan batang yang cukup tebal, namun tidak berkayu. Daun elips, dengan bagian ujung biasanya tumpul. Warnanya hijau segar, biasanya tidak berbulu (Haryanto, 2005). Bunganya kecil, tersusun majemuk berkarang. Mahkota bunganya berwarna kuning, berjumlah 4. Benang sarinya 6, mengelilingi

satu putik. Buahnya menyerupai polong tetapi memiliki dua daun buah disebut *siliqua* (Haryanto, 2005).

Sistem perakaran tanaman sawi memiliki akar tunggang dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang (silindris) menyebar kesemua arah dengan kedalaman antara 30-50 cm. Akar-akar ini berfungsi antara lain mengisap air dan zat makanan dari dalam tanah, serta menguatkan berdirinya batang tanaman (Heru dan Yovita, 2003). Batang tanaman sawi pendek sekali dan beruas-ruas sehingga hampir tidak kelihatan. Batang ini berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang daun (Rukmana, 2002).

Sawi hijau dapat beradaptasi pada iklim sub-tropis maupun pada iklim tropis. Sawi hijau pada umumnya banyak ditanam di dataran rendah, namun dapat pula di ditanam di dataran tinggi. Sawi hijau tergolong tanaman yang toleran terhadap suhu tinggi (panas) (Aditya, 2013). Bila ditanam pada suhu sejuk tumbuhan ini akan cepat berbunga. Karena biasanya dipanen seluruh bagian tubuhnya (kecuali akarnya), sifat ini kurang disukai (Haryanto, 2005).

Curah hujan yang cukup sepanjang tahun dapat mendukung kelangsungan hidup tanaman sawi karena ketersediaan air tanah yang mencukupi. Tanaman sawi hijau tergolong tanaman yang tahan terhadap curah hujan, sehingga dapat ditanam sepanjang tahun. Curah hujan yang sesuai untuk pembudidayaan tanaman sawi hijau adalah 1000-1500 mm/tahun. Akan tetapi tanaman sawi tidak tahan terhadap air yang menggenang. Kelembapan udara yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman sawi hijau yang optimal berkisar antara 80%-90%. Kelembapan udara yang tinggi lebih dari 90 % berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan tanaman. Pada musim kemarau, jika penyiraman dilakukan dengan teratur dan dengan air yang cukup, tanaman ini dapat tumbuh sebaik pada musim penghujan (Cahyono, 2003).

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret - Juli 2014. Pengambilan tanah untuk media tanam dilaksanakan pada bulan Maret 2014 di 3 lokasi berbeda, yaitu Desa Bektiharjo, Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban; Desa Karangrejo, Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik; dan Dusun Banangkah, Desa Kampek, Kecamatan Burneh, Kabupaten Bangkalan, Provinsi Jawa Timur. Penanaman dan pengamatan dilakukan di *Green House* Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.2 Metode yang Digunakan

3.2.1 Pengambilan Sampel Tanah untuk Media Tanam

Tanah diambil menggunakan sekop dengan memperhatikan kedalaman tanah. Tanah diambil dari lapisan olah pada kedalaman 0 - 20 cm (Purwani, 2012). Tanah dibersihkan dari kotoran seperti ranting, bebatuan, rerumputan, dedaunan, dll. Tanah dimasukkan ke dalam karung untuk kemudian dibawa ke lokasi penelitian. Selanjutnya, tanah digerus atau digemburkan agar butirannya menjadi halus.

3.2.2 Analisa Sifat Fisika dan Kimia Tanah

Analisa sifat fisika dan kimia tanah dilakukan sebelum penanaman. Analisa sifat fisika tanah dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Analisa sifat kimia tanah dilakukan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. Sampel tanah yang dianalisa sebanyak ± 1 kg. Sifat fisika tanah yang diukur adalah tekstur tanah sedangkan sifat kimia tanah yang diukur antara lain pH tanah, kandungan NPK, dan C-organik.

3.2.3 Sterilisasi Media Tanam

Media tanam berupa tanah dan kompos yang akan digunakan disterilisasi menggunakan formalin. Formalin 15%

ditambahkan ke media tanam tanah dan kompos sambil diaduk hingga merata. Media tanam tanah dan kompos yang telah ditambah formalin ditutup menggunakan karung goni selama 3 hari. Kemudian media tanam tanah dan kompos tersebut dijemur atau dikering-anginkan hingga seluruh formalin menguap (kurang lebih 7 hari).

3.2.4 Peremajaan Isolat Bakteri

Isolat bakteri didapatkan dari hasil isolasi pada penelitian yang dilakukan tahun 2013 pada lahan budidaya tanaman cabai rawit asal Desa Condro, Lumajang, Jawa Timur. Isolat bakteri dibuat menjadi sub kultur kerja. Isolat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bakteri penambat nitrogen non simbiotik dan bakteri pelarut fosfat. Masing – masing sub kultur bakteri dilakukan pada medium NA (*Nutrient Agar*) yang telah disterilkan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C, tekanan 1.5 atm selama 15 menit. Selanjutnya diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

3.2.5 Pembuatan Pupuk Hayati

3.2.5.1 Pembuatan Pupuk Hayati Penambat Nitrogen

Kultur isolat yang berusia 24 jam dalam medium NA (*Nutrient Agar*) dilarutkan dalam molase dan akuades dengan perbandingan volume larutan 1 : 6. Campuran tersebut dicampurkan ke dalam media pembawa berupa serbuk kayu sebanyak 2 kg yang sebelumnya telah disterilisasi menggunakan autoklaf selama 60 menit pada suhu 121°C (Muraleedharan *et al.*, 2010).

Proses pembuatan pupuk hayati penambat nitrogen siap pakai untuk tanaman ini dilakukan seperti pembuatan kompos organik dimana harus selalu dilakukan pengadukan secara berkala selama 2 minggu dengan penambahan nutrisi berupa 10 mL molase tiap 1 kg media pembawa setiap 3 hari sekali, 10 ml pupuk urea setiap seminggu sekali, serta akuades untuk menjaga kelembapan media pembawa. Hal tersebut dilakukan secara terus menerus hingga terjadi perubahan warna pada media pembawa yang diasumsikan bahwa inokulan bakteri telah hidup di dalam

media pembawa dan dapat diaplikasikan pada tanaman (Nurhidayati *et al.*, 2008).

3.2.5.2 Pembuatan Pupuk Hayati Pelarut Fosfat

Kultur isolat yang berusia 24 jam dalam medium NA (*Nutrient Agar*) dilarutkan dalam larutan molase dan akuades dengan perbandingan 1 : 6. Campuran tersebut dicampurkan ke dalam media pembawa berupa pupuk kandang sebanyak 2 kg yang sebelumnya telah disterilisasi menggunakan autoklaf selama 60 menit pada suhu 121°C (Muraleedharan *et al.*, 2010).

Proses pembuatan pupuk hayati pelarut fosfat siap pakai untuk tanaman ini dilakukan seperti pembuatan kompos organik dimana harus selalu dilakukan pengadukan secara berkala selama 2 minggu dengan penambahan nutrisi berupa 10 mL molase tiap 1 kg media pembawa setiap 3 hari sekali, 2 gr pupuk NPK setiap seminggu sekali, serta akuades untuk menjaga kelembapan media pembawa. Hal tersebut dilakukan secara terus menerus hingga terjadi perubahan tekstur pada media pembawa yang diasumsikan bahwa inokulan bakteri telah hidup di dalam media pembawa dan dapat diaplikasikan pada tanaman (Nurhidayati *et al.*, 2008).

3.2.5.3 Peremajaan Propagul Mikoriza

Inokulan mikoriza yang digunakan dalam penelitian ini merupakan koleksi hasil produk dari laboratorium Botani Jurusan Biologi ITS Surabaya dalam bentuk propagul, yang berasal dari hasil perbanyakan spora asal Desa Condoro, Lumajang, Jawa Timur dengan tanaman inang jagung (*Zea mays*).

Sebagai media tanam digunakan tanah steril yang dimasukkan ke dalam polibag, kemudian ditambahkan starter mikoriza sebanyak 20 gram pada lubang media tanam. Diletakkan benih jagung sebanyak 5 biji pada tiap lubang kemudian ditutup menggunakan media tanam steril hingga benih jagung tidak terlihat. Dilakukan pemeliharaan tanaman selama 2 minggu di tempat yang sejuk dengan kebutuhan cahaya dan air yang cukup. Setelah 2 minggu, dilakukan stressing pada tanaman inang yaitu dengan menghentikan pemeliharaan tanaman. Dilakukan topping, yaitu memotong tajuk tanaman inang dan menyisakan batang

bawahnya kira-kira 1/4 saja. Pemanenan dilakukan setelah tanaman inang mengalami stressing selama 3 minggu. Panen dilakukan dengan cara membongkar tanaman inang dan mengambil bagian akarnya. Akar dipotong kecil – kecil lalu dicampur dengan media tanam (Setiawati, 2010).

3.2.6 Penanaman

Benih yang akan ditanam terlebih dahulu direndam selama 2 jam dan diseleksi. Media tanam yang digunakan adalah tanah dan kompos dengan perbandingan 1 : 1. Media tanam steril dimasukkan dalam polibag. Pupuk hayati penambat N, pupuk hayati pelarut P, dan mikoriza diinokulasikan sebanyak masing – masing 20 gram pada kedalaman 1 cm dalam media tanam (Espiritu, 2011; Hasanudin *et al.*, 2004) sesuai dengan perlakuan seperti pada tabel 3.1. Diletakkan benih tanaman sebanyak 5 biji kemudian ditutup dengan media tanam hingga benih tidak terlihat. Setelah tanaman tumbuh selama 7 hari, dilakukan penjarangan tanaman pada masing-masing polibag yaitu dengan memilih satu tanaman yang pertumbuhannya paling baik.

3.2.7 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman dilakukan setiap hari. Bila tidak terlalu panas penyiraman dilakukan sehari cukup sekali yaitu pagi hari (Purwani, 2012).

3.2.8 Parameter Pengukuran Pertumbuhan Tanaman

Parameter tanaman yang diamati dalam penelitian ini yaitu parameter pertumbuhan vegetatif tanaman yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, panjang akar dan berat kering tanaman. Tiap parameter diamati dan diukur pada akhir penelitian.

a. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang (permukaan tanah) sampai ujung daun yang tertinggi (Mohamad, 2013).

b. Jumlah daun (helai)

Perhitungan jumlah daun dilakukan pada daun yang sudah berkembang sempurna minimal 2/3 dari daun normal (Gustia, 2013).

c. Luas Daun (cm)

Luas daun diukur dengan menggunakan metode blue print. Daun yang diukur adalah daun tanaman contoh, pengukuran dilakukan pada akhir penelitian (Nurshanti, 2009).

$$\text{Luas daun} = \frac{\text{Berat pola} \times \text{Luas kertas (cm}^2\text{)}}{\text{Berat kertas}}$$

Keterangan :

Berat Pola : Kertas yang sudah dibuat gambar

Berat Kertas : Berat kertas yang belum digambar

Luas Kertas : Kertas yang pertama kali digunakan

d. Berat kering tanaman (g)

Berat kering tanaman diukur setelah panen dan dihitung pada keseluruhan bagian tanaman (Ningsih, 2012).

e. Panjang akar (cm)

Panjang akar diukur setelah tanaman dipanen yaitu dengan mencabut tanaman dari tanah dengan hati-hati. Panjang akar diukur dari pangkal batang hingga ujung akar (Datta, 2012).

3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

3.3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas 2 faktor.

Faktor pertama adalah perbandingan komposisi pupuk hayati penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat, dan mikoriza yang terdiri dari 5 taraf, yaitu:

$$N1 = 1 : 1 : 1$$

$$N2 = 1 : 2 : 0$$

$$N3 = 2 : 0 : 1$$

$$N4 = 0 : 1 : 2$$

$$N0 = 0 : 0 : 0$$

Faktor kedua adalah lokasi pengambilan media tanam yang terdiri dari 3 taraf, yaitu:

L1 = Lokasi pengambilan media tanam tanah di Tuban

L2 = Lokasi pengambilan media tanam tanah di Gresik

L3 = Lokasi pengambilan media tanam tanah di Bangkalan

Dengan demikian terdapat 15 kombinasi perlakuan yang selengkapnya disajikan pada Tabel 3.1. Masing – masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Rancangan penelitian ini sama untuk semua parameter pengamatan.

Tabel 3.1 Kombinasi Perlakuan Komposisi Pupuk Hayati Penambat Nitrogen, Pelarut Fosfat dan Mikoriza serta Variasi Lokasi Pengambilan Media Tanah

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	N1L1	N1L2	N1L3
N2	N2L1	N2L2	N2L3
N3	N3L1	N3L2	N3L3
N4	N4L1	N4L2	N4L3
N0	N0L1	N0L2	N0L3

3.3.2 Analisa Data

Data hasil pengamatan pertumbuhan tanaman sawi diuji dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) *two way* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui pengaruh perlakuan atau kombinasi perlakuan terhadap parameter yang diukur. Apabila terdapat perbedaan nyata (signifikan) ($P < 0,05$) maka dilanjutkan dengan Uji Tukey untuk membandingkan perlakuan yang terpilih. Hipotesis yang digunakan dan diuji dalam penelitian ini adalah:

H_0 : Tidak ada pengaruh dari kombinasi konsentrasi pupuk hayati dan lokasi pengambilan media tanam terhadap pertumbuhan tanaman sawi.

H_1 : Ada pengaruh dari kombinasi konsentrasi pupuk hayati dan lokasi pengambilan media tanam terhadap pertumbuhan tanaman sawi.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pupuk hayati merupakan mikroorganisme hidup yang diberikan ke dalam tanah sebagai inokulan untuk membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman (Simanungkalit, 2006). Dalam penelitian ini, digunakan bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat dan mikoriza asal Desa Condro, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang sebagai pupuk hayati. Uji multilokasi dilakukan untuk mengetahui daya adaptasi dan daya viabilitas bakteri dan mikoriza pada beberapa tanah yang diambil dari lokasi yang berbeda. Analisa sifat fisika dan kimia tanah dilakukan sebelum penanaman untuk mengetahui perbedaan sifat fisika dan sifat kimia pada masing-masing tanah. Hasil analisa tanah dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4.1 Karakteristik Sifat Fisika pada Masing-masing Tanah.

Lokasi Pengambilan Tanah	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	Klas
L1 (Tuban)	8	60	32	Lempung Berdebu
L2 (Gresik)	17	49	34	Lempung Liat Berdebu
L3 (Bangkalan)	10	86	4	Lempung Berdebu

Tabel 4.2 Karakteristik Sifat Kimia pada Masing-masing Tanah.

Lokasi Pengambilan Tanah	Sifat Kimia Tanah				
	PH	KTK	C-Organik (ppm)	N-Total (%)	P ₂ O ₅ (ppm)
L1 (Tuban)	8,07	0,81	2,70 S	0,30 S	49 T
L2 (Gresik)	8,35	0,35	2,04 S	0,25 S	69 ST
L3 (Bangkalan)	8,61	0,35	0,95 SR	0,11R	4 SR

(Sumber: Hardjowigeno, 1995)

Keterangan : T = Tinggi; S = Sedang; R = Rendah; ST = Sangat Tinggi; SR = Sangat Rendah

Pertumbuhan tanaman menentukan produktivitas tanaman (Sitompul, 1995). Pertambahan ukuran tanaman secara keseluruhan merupakan hasil dari pertambahan ukuran organ-organ tanaman akibat dari pertambahan ukuran sel. Salah satu faktor eksternal pertumbuhan adalah unsur hara. Unsur hara diserap oleh akar tanaman sebagai nutrisi untuk fotosintesis. Hasil fotosintesis inilah yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Nugrahani, 2012). Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh lokasi pengambilan tanah dan komposisi pupuk hayati terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica rapa* var. *parachinensis* L.). Parameter yang diamati antara lain tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat kering, dan panjang akar.

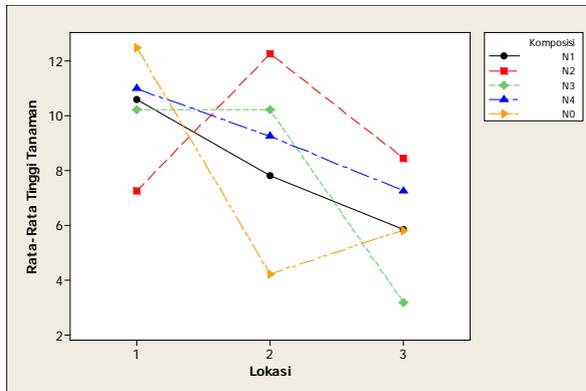
4.1 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Pertumbuhan Tinggi Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Tinggi tanaman adalah ukuran tanaman yang sering diamati sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter untuk mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan (Hakim, 2009).

Tabel 4.3 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Pertumbuhan Tinggi Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	10,6 ^{ab}	7,83 ^{abc}	5,87 ^{abc}
N2	7,27 ^{abc}	12,27 ^a	8,47 ^{abc}
N3	10,23 ^{ab}	10,23 ^{ab}	3,20 ^c
N4	11 ^a	9,27 ^{abc}	7,27 ^{abc}
N0	12,5 ^a	4,23 ^{bc}	8,75 ^{abc}

Keterangan : Nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan dan jika ada perbedaan huruf maka artinya ada perbedaan nyata antar perlakuan. Jika terdapat huruf ab mengindikasikan bahwa nilai tersebut tidak berbeda nyata baik dengan a maupun dengan b namun a dan b berbeda nyata.



Gambar 4.1 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Pertumbuhan Tinggi Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Keterangan : Komposisi BPN : BPF : Mikoriza dan lokasi untuk:

N1L1 = 1 : 1 : 1 dan Tuban

N3L1 = 2 : 0 : 1 dan Tuban

N1L2 = 1 : 1 : 1 dan Gresik

N3L2 = 2 : 0 : 1 dan Gresik

N1L3 = 1 : 1 : 1 dan Bangkalan

N3L3 = 2 : 0 : 1 dan Bangkalan

N2L1 = 1 : 2 : 0 dan Tuban

N4L1 = 0 : 1 : 2 dan Tuban

N2L2 = 1 : 2 : 0 dan Gresik

N4L2 = 0 : 1 : 2 dan Gresik

N2L3 = 1 : 2 : 0 dan Bangkalan

N4L3 = 0 : 1 : 2 dan Bangkalan

Berdasarkan hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman sawi hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.) dimana nilai P adalah $< 0,05$ yaitu 0,01. Berdasarkan Uji Tukey menunjukkan bahwa perlakuan N0L1, N2L2, dan N4L1 berbeda nyata dengan perlakuan N3L3. Hasil pengamatan pertumbuhan tinggi tanaman sawi hijau ditunjukkan dalam Tabel 4.3 dan Gambar 4.1.

Perlakuan komposisi pupuk hayati tidak memberikan pengaruh nyata terhadap rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman sawi. Peranan bakteri dan mikoriza dalam pertumbuhan tinggi tanaman sawi baru kelihatan jika dikombinasikan dengan tanah yang diambil dari lokasi yang berbeda. Masing-masing tanah memiliki sifat kimia seperti kandungan unsur hara dan kandungan

bahan organik yang berbeda. Penelitian Herman (1999) menunjukkan bahwa peran mikroorganisme pelarut fosfat dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman baru kelihatan jika dikombinasikan dengan pemberian pupuk NPK. Bahan organik dibutuhkan oleh mikroorganisme tanah sebagai sumber energi untuk aktivitas metabolismenya (Havlin *et al.*, 1999).

Pertumbuhan tinggi tanaman dengan perlakuan komposisi pupuk hayati yang ditanam pada tanah yang diambil dari beberapa lokasi menunjukkan hasil yang berbeda. Selain disebabkan oleh sifat kimia yang berbeda pada masing-masing tanah, hal ini juga disebabkan oleh perbedaan sifat fisika pada masing-masing tanah yang digunakan sebagai media tanam. Tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Tuban (L1), memiliki rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman yang cenderung lebih besar dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Gresik (L2) dan Bangkalan (L3). Tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Bangkalan (L3), memiliki rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Tuban (L1) dan Gresik (L2). Menurut Suwarno (2011), tekstur paling ideal bagi tanah pertanian adalah lempung berdebu. Apabila tekstur tanah baik, maka porositas tanah atau aerasi tanah juga baik sehingga memudahkan perembesan akar secara luas. Tekstur tanah yang diambil dari lokasi Tuban maupun Bangkalan memiliki kriteria lempung berdebu. Namun, tanah yang diambil dari Bangkalan memiliki perbandingan pasir : debu : liat yang tidak seimbang yaitu 10 : 86 : 4, sedangkan tanah yang diambil dari Tuban memiliki perbandingan pasir : debu : liat yaitu 8 : 60 : 32. Tanah dengan kemampuan menyimpan air atau unsur hara yang baik harus memiliki komponen pasir, debu, dan liat yang seimbang (Daniel, 1992).

Pertumbuhan tanaman sawi yang ditanam dengan perlakuan N0L1, N2L2, dan N4L1 lebih tinggi daripada pertumbuhan tanaman sawi yang ditanam dengan perlakuan

N3L3. Tanaman dengan perlakuan N0L1 yaitu tanaman sawi yang ditanam pada tanah Tuban tanpa perlakuan pupuk hayati ternyata mampu tumbuh karena kebutuhan unsur hara pada tanaman tercukupi. Pada lokasi Tuban, selain perlakuan kontrol, perlakuan N4L1 yaitu perlakuan dengan perbandingan bakteri pelarut fosfat dan mikoriza 1 : 2 juga cenderung lebih tinggi. Meskipun tanpa bakteri penambat N, tanaman tetap tumbuh dikarenakan kandungan N pada tanah ini telah mencukupi untuk pertumbuhan tanaman. Hasil analisa tanah Tuban menunjukkan kandungan unsur haranya memiliki kriteria sedang hingga tinggi serta didukung dengan tekstur tanah yang baik. Peningkatan pertumbuhan dengan menggunakan perlakuan mikoriza arbuskular disebabkan karena penyerapan unsur hara oleh akar tanaman lebih banyak khususnya unsur hara fosfor, dibandingkan tanpa perlakuan mikoriza (Sastrahidayat *et al.*, 1998).

Peranan bakteri pelarut fosfat terhadap tinggi tanaman, yaitu sebagai pelarut hara fosfat sehingga memfasilitasi penyediaan unsur hara fosfat yang cukup untuk perkembangan perakaran dan suplai hara fosfat ke daun yang merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Hasil fotosintesis terakumulasi di batang. Menurut Gardner *et al.* (1991), 60-80% hasil asimilasi di daun ditransfer ke bagian organ lain dari tanaman seperti akar dan batang.

Marsono dan Sigit (2001) menyatakan bahwa peranan utama N ialah mempercepat pertumbuhannya secara keseluruhan terutama batang dan daun. Selanjutnya Lakitan (2001) menambahkan bahwa N adalah unsur penyusun klorofil, apabila N meningkat maka klorofil juga meningkat sehingga fotosintesis dan fotosintat yang dihasilkan serta dialokasikan ke pertumbuhan batang juga meningkat. Unsur P berperan dalam reaksi-reaksi fase gelap fotosintesis, respirasi dan berbagai proses metabolisme lainnya, meningkatnya serapan P tanaman sawi maka pembentukan ATP juga meningkat. ATP dibutuhkan sebagai energi dalam pembelahan sel sehingga akan meningkatkan jumlah sel yang dapat meningkatkan tinggi tanaman.

Menurut Suwahyono (2011), bakteri yang ada di dalam pupuk hayati yang diaplikasikan pada tanaman mampu mengikat nitrogen dari udara, melarutkan fosfat yang terikat di dalam tanah, dan memecah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga tersedia bagi tanaman. Interaksi antara mikoriza arbuskular dengan bakteri pelarut fosfat pada tanaman telah diteliti oleh (Toro *et al.*, 1996 dalam Pujiyanto, 2001). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa secara umum simbiosis antara mikoriza arbuskular dan bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Kondisi tanaman yang lebih baik tersebut terjadi karena inokulasi bakteri mampu melarutkan fosfat dari bentuk terikat sehingga tidak tersedia bagi tanaman menjadi bentuk terlarut yang tersedia bagi tanaman diikuti oleh serapan yang lebih intensif karena adanya mikoriza arbuskular. Mikoriza arbuskular dapat mengeluarkan enzim fosfatase dan asam-asam organik, khususnya oksalat yang dapat membantu membebaskan fosfat. Mikoriza arbuskular dapat membantu mengatasi masalah ketersediaan fosfat melalui dua cara, pengaruh langsung melalui jalinan hifa eksternal yang diproduksinya secara intensif sehingga tanaman bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap unsur hara dan air dan pengaruh tidak langsung, dimana mikoriza dapat memodifikasi fisiologis akar sehingga dapat mensekresikan asam-asam organik dan fosfatase asam ke dalam tanah.

Pertumbuhan tanaman pada media tanam tanah yang diambil dari lokasi Gresik dengan komposisi pupuk hayati bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat 1:2 cenderung lebih tinggi daripada pada perlakuan lain. Hal ini diduga keberadaan bakteri penambat N dan bakteri pelarut P saling bersinergis untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Pengaruh multi isolat bakteri dalam meningkatkan tinggi tanaman disebabkan karena efektifnya inokulasi yang diberikan sehingga nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman tercukupi. Adanya bakteri penambat N tidak mengganggu bakteri pelarut P, begitu juga sebaliknya. Pemberian inokulasi multi isolat sangat menunjang

kemampuannya menyediakan unsur hara N dan P yang dibutuhkan tanaman (Wuriesylane, 2013). Pemberian inokulan sebagai pupuk hayati menaikkan populasi bakteri yang dapat melarutkan fosfat terikat dalam tanah dan nitrogen dari udara, sehingga tersedia bagi tanaman (Widawati, 2006).

Pertumbuhan tinggi tanaman pada perlakuan N3L3 cenderung lebih rendah daripada perlakuan lain. Hal ini diduga akibat bakteri penambat nitrogen dan mikoriza tidak saling bersinergis dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Ketika mikroba diinokulasikan ke dalam rhizosfir mereka dapat memberikan dampak positif (mutualisme atau komensalisme), negatif (parasitisme, kompetisi atau amensalisme) atau tidak memberikan pengaruh apa-apa (netralisme) (Bolton et al., 1992). Selain itu, kandungan C-organik, N-total, dan P_2O_5 pada tanah Bangkalan memiliki kriteria rendah. Bahan organik merupakan sumber energi dan bahan makanan bagi mikroorganisme yang hidup di dalam tanah. Mikroorganisme tanah saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik karena bahan organik menyediakan karbon sebagai sumber energi untuk tumbuh (Doeswono, 1983). Sehingga jika kandungan organik atau unsur hara dalam tanah rendah maka sumber energi dan bahan makanan bakteri juga akan rendah.

Efisiensi pemupukan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh, antara lain kondisi tanah, suhu, dan curah hujan. Ketersediaan unsur hara dari pupuk dipengaruhi oleh kondisi tanah, seperti tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan kandungan unsur hara dalam tanah. Pertumbuhan dan hasil tanaman juga dipengaruhi oleh ketinggian tempat tumbuh, yang secara langsung akan menentukan suhu udara dan efisiensi metabolisme tanaman. Faktor lain yang juga berpengaruh pada pertumbuhan dan produksi tanaman adalah curah hujan, yang selanjutnya akan menentukan jumlah air yang tersedia bagi pertumbuhan tanaman (Yusron, 2009).

4.2 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Luas Daun Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

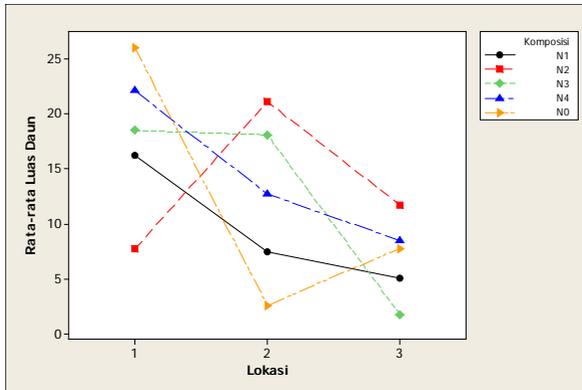
Jumin (2002), menyatakan fungsi nitrogen diantaranya adalah meningkatkan pertumbuhan vegetatif terutama luas daun. Sarief (1985), menyatakan bahwa P berfungsi untuk perkembangan jaringan meristem. Selanjutnya Heddy (1987) menyatakan bahwa jaringan meristem terdiri dari jaringan pipih dan jaringan pita. Meristem pipih akan menghasilkan deret sel yang berfungsi memperpanjang jaringan sehingga daun menjadi panjang dan tumbuh lebar.

Produksi tanaman sawi dipengaruhi oleh pertumbuhan vegetatif terutama pada organ daun. Luas daun dan jumlah klorofil yang tinggi akan menyebabkan proses fotosintesis berjalan dengan baik. Proses fotosintesis yang baik sangat efektif dalam pembentukan karbohidrat dan protein. Semakin luas permukaan daun maka akan semakin banyak fotosintat yang dihasilkan yang ditunjukkan oleh peningkatan laju asimilasi bersih (Mohamad, 2013).

Tabel 4.4 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Luas Daun Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	16,2 ^{abcde}	7,4 ^{bcde}	5,0 ^{cde}
N2	7,7 ^{bcde}	21,1 ^{abc}	11,7 ^{abcde}
N3	18,5 ^{abcd}	18,1 ^{abcde}	1,8 ^e
N4	22,1 ^{ab}	12,7 ^{abcde}	8,5 ^{bcde}
N0	26 ^a	2,6 ^{de}	7,8 ^{bcde}

Keterangan : Nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan dan jika ada perbedaan huruf maka artinya ada perbedaan nyata antar perlakuan. Jika terdapat huruf ab mengindikasikan bahwa nilai tersebut tidak berbeda nyata baik dengan a maupun dengan b namun a dan b berbeda nyata.



Gambar 4.2 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Luas Daun Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Keterangan : Komposisi BPN: BPF : Mikoriza dan lokasi untuk:

N1L1 = 1 : 1 : 1 dan Tuban

N3L1 = 2 : 0 : 1 dan Tuban

N1L2 = 1 : 1 : 1 dan Gresik

N3L2 = 2 : 0 : 1 dan Gresik

N1L3 = 1 : 1 : 1 dan Bangkalan

N3L3 = 2 : 0 : 1 dan Bangkalan

N2L1 = 1 : 2 : 0 dan Tuban

N4L1 = 0 : 1 : 2 dan Tuban

N2L2 = 1 : 2 : 0 dan Gresik

N4L2 = 0 : 1 : 2 dan Gresik

N2L3 = 1 : 2 : 0 dan Bangkalan

N4L3 = 0 : 1 : 2 dan Bangkalan

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah berpengaruh signifikan terhadap luas daun tanaman sawi hijau dimana nilai P adalah $< 0,05$ yaitu 0,00. Berdasarkan Uji Tukey menunjukkan bahwa perlakuan N0L1 berbeda nyata dengan perlakuan N3L3. Hasil pengamatan jumlah daun tanaman sawi hijau ditunjukkan dalam Tabel 4.4 dan Gambar 4.2.

Perlakuan komposisi pupuk hayati memberikan pengaruh nyata terhadap rata-rata luas daun tanaman sawi jika dikombinasikan dengan tanah yang diambil dari lokasi yang berbeda. Masing-masing tanah memiliki sifat kimia seperti kandungan unsur hara dan kandungan bahan organik yang berbeda. Bahan organik dibutuhkan oleh mikroba tanah sebagai sumber energi untuk aktivitas metabolisme (Havlin *et al.*, 1999).

Pertumbuhan luas daun dengan perlakuan komposisi pupuk hayati yang ditanam pada tanah yang diambil dari beberapa lokasi menunjukkan hasil yang berbeda. Selain disebabkan oleh sifat kimia yang berbeda pada masing-masing tanah, hal ini juga disebabkan oleh perbedaan sifat fisika pada masing-masing tanah yang digunakan sebagai media tanam. Tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Tuban (L1), memiliki rata-rata pertumbuhan luas daun yang cenderung lebih luas dibandingkan dengan tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Gresik (L2) dan Bangkalan (L3). Menurut Suwarno (2011), tekstur paling ideal bagi tanah pertanian adalah tekstur lempung berdebu. Tanah dengan aerasi, drainase, dan kemampuan menyimpan air atau unsur hara yang baik harus memiliki komponen pasir, debu, dan liat yang seimbang (Daniel, 1992).

Daun tanaman sawi pada perlakuan N0L1 yaitu tanaman sawi yang ditanam pada tanah yang diambil dari lokasi Tuban tanpa perlakuan pupuk hayati (kontrol) ternyata mampu tumbuh karena kebutuhan unsur hara pada tanaman tercukupi. Berdasarkan hasil analisa kimia tanah, kandungan C-organik dan unsur hara pada tanah ini memiliki kriteria sedang hingga tinggi. Hasil analisa sifat kimia tanah yang diambil dari lokasi Gresik menunjukkan kandungan organik dan unsur hara yang lebih tinggi daripada tanah yang diambil dari Tuban. Tetapi tekstur tanah yang diambil dari Gresik memiliki kriteria lempung liat berdebu. Sedangkan tekstur tanah yang diambil dari Tuban memiliki kriteria lempung berdebu dengan perbandingan pasir, debu, dan liat yang seimbang.

Luas daun tanaman pada perlakuan N3L3 cenderung lebih sempit daripada perlakuan lain. Hal ini diduga akibat bakteri penambat nitrogen dan mikoriza tidak saling bersinergis dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Ketika mikroba diinokulasikan ke dalam rhizosfir mereka dapat memberikan dampak positif (mutualisme atau komensalisme), negatif (parasitisme, kompetisi atau amensalisme) atau tidak memberikan pengaruh apa-apa

(netralisme) (Bolton et al., 1992). Tanah yang diambil dari Bangkalan memiliki kandungan bahan organik dan kandungan unsur hara yang rendah. Kandungan bahan organik yang rendah dalam tanah mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme serta pertumbuhan tanaman. Bahan organik merupakan sumber energi dan bahan makanan bagi mikroorganisme yang hidup di dalam tanah. Mikroorganisme tanah saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik karena bahan organik menyediakan karbon sebagai sumber energi untuk tumbuh (Doeswono, 1983). Sehingga jika kandungan organik atau unsur hara dalam tanah rendah maka sumber energi dan bahan makanan bakteri juga akan rendah. Selain itu sifat fisika tanah dalam hal ini tekstur tanah juga berpengaruh. Pada tanah yang diambil dari Bangkalan ini penyusun tanahnya, yaitu komponen pasir, debu, dan liat tidak seimbang sehingga kemampuan tanah dalam menyimpan air dan unsur hara rendah (Daniel, 1992).

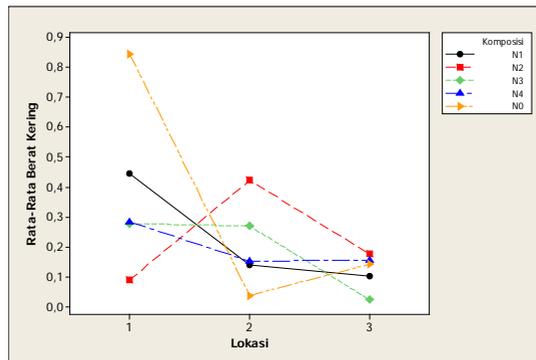
4.3 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Berat Kering Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Hasil akumulasi fotosintat dalam bentuk biomassa tanaman dan kandungan air yang dihasilkan fotosintesis ditunjukkan dengan berat kering tanaman. Lebih rinci Goldsworthy dan Fisher (1992) mengemukakan bahwa berat kering tanaman tergantung dari penyekapan penyinaran matahari, air dan pengambilan CO₂. Sejalan dengan meningkatnya proses fotosintesis akan menghasilkan fotosintat yang akan digunakan untuk metabolisme dalam tanaman sehingga menghasilkan biomassa yang tinggi. Lebih lanjut Poerwowidodo (1992) menjelaskan bahwa dengan semakin meningkatnya laju fotosintesis dan penumpukan asimilat akan semakin meningkatnya berat kering tanaman karena hampir 90% berat kering merupakan hasil fotosintesis.

Tabel 4.5 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Berat Kering Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	0,44 ^{ab}	0,14 ^b	0,10 ^b
N2	0,09 ^b	0,42 ^{ab}	0,18 ^b
N3	0,27 ^b	0,27 ^b	0,02 ^b
N4	0,28 ^b	0,15 ^b	0,16 ^b
N0	0,84 ^a	0,04 ^b	0,21 ^b

Keterangan : Nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan dan jika ada perbedaan huruf maka artinya ada perbedaan nyata antar perlakuan. Jika terdapat huruf ab mengindikasikan bahwa nilai tersebut tidak berbeda nyata baik dengan a maupun dengan b namun a dan b berbeda nyata.



Gambar 4.3 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Berat Kering Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Keterangan : Komposisi BPN: BPF : Mikoriza dan lokasi untuk:

N1L1 = 1 : 1 : 1 dan Tuban

N3L1 = 2 : 0 : 1 dan Tuban

N1L2 = 1 : 1 : 1 dan Gresik

N3L2 = 2 : 0 : 1 dan Gresik

N1L3 = 1 : 1 : 1 dan Bangkalan

N3L3 = 2 : 0 : 1 dan Bangkalan

N2L1 = 1 : 2 : 0 dan Tuban

N4L1 = 0 : 1 : 2 dan Tuban

N2L2 = 1 : 2 : 0 dan Gresik

N4L2 = 0 : 1 : 2 dan Gresik

N2L3 = 1 : 2 : 0 dan Bangkalan

N4L3 = 0 : 1 : 2 dan Bangkalan

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah berpengaruh signifikan terhadap berat kering sawi hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.) dimana nilai P adalah $< 0,05$ yaitu 0,00. Berdasarkan uji Tukey dapat dilihat bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah terhadap berat kering tanaman sawi hijau menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Hasil pengamatan berat kering tanaman sawi ditunjukkan dalam Tabel 4.5 dan Gambar 4.3.

Perlakuan komposisi pupuk hayati tidak memberikan pengaruh nyata terhadap rata-rata berat kering tanaman sawi. Peranan bakteri dan mikoriza dalam mempengaruhi rata-rata berat kering tanaman sawi baru kelihatan jika dikombinasikan dengan tanah yang diambil dari lokasi yang berbeda. Masing-masing tanah memiliki sifat kimia seperti kandungan unsur hara dan kandungan bahan organik yang berbeda. Penelitian Herman (1999) menunjukkan bahwa peran mikroorganisme pelarut fosfat dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman baru kelihatan jika dikombinasikan dengan pemberian pupuk NPK. Bahan organik dibutuhkan oleh mikroorganisme tanah sebagai sumber energi untuk aktivitas metabolismenya (Havlin *et al.*, 1999).

Rata-rata berat kering dengan perlakuan komposisi pupuk hayati yang ditanam pada tanah yang diambil dari beberapa lokasi menunjukkan hasil yang berbeda. Selain disebabkan oleh sifat kimia yang berbeda pada masing-masing tanah, hal ini juga disebabkan oleh perbedaan sifat fisika pada masing-masing tanah yang digunakan sebagai media tanam. Tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Tuban (L1), memiliki rata-rata berat kering yang cenderung lebih berat dibandingkan dengan tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Gresik (L2) dan Bangkalan (L3). Tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Bangkalan (L3), memiliki rata-rata berat kering tanaman yang cenderung lebih ringan dibandingkan dengan tanaman sawi yang ditanam pada tanah dari lokasi Tuban (L1) dan Gresik (L2). Menurut Suwarno (2011), tekstur paling ideal bagi tanah

pertanian adalah tekstur lempung berdebu. Tanah dengan aerasi, drainase, dan kemampuan menyimpan air atau unsur hara yang baik harus memiliki komponen pasir, debu, dan liat yang seimbang (Daniel, 1992).

Tanaman sawi pada perlakuan NOL1 yaitu tanaman sawi yang ditanam pada tanah yang diambil dari lokasi Tuban tanpa perlakuan pupuk hayati (kontrol) ternyata mampu tumbuh karena kebutuhan unsur hara pada tanaman tercukupi dan tekstur tanah yang baik. Berdasarkan hasil analisa fisika tanah, tekstur tanah pada tanah yang diambil dari Tuban memiliki kriteria lempung berdebu dengan perbandingan pasir, debu, dan liat yang seimbang. Berdasarkan hasil analisa kimia tanah, kandungan C-organik, N-total, dan P_2SO_5 pada tanah Tuban memiliki kriteria sedang sampai tinggi. Sedangkan pada tanah yang diambil dari Bangkalan memiliki kandungan C-organik, N-total, dan P_2SO_5 yang rendah atau sangat rendah dan tekstur tanah memiliki kriteria lempung berdebu dengan perbandingan pasir, debu, dan liat yang tidak seimbang sehingga mengurangi kemampuan tanah dalam mengikat air dan unsur hara. Unsur nitrogen dan fosfor dapat membantu dalam pembentukan asam amino dan protein dalam tubuh tanaman yang kemudian digunakan untuk pembentukan protoplasma dalam sel-sel tanaman sehingga terjadi pembesaran sel-sel tanaman dan hal ini dapat mempengaruhi tingginya berat kering tanaman.

Berat kering yang rendah pada perlakuan lain dapat diduga akibat bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat maupun mikoriza tidak saling bersinergis dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Ketika mikroba diinokulasikan ke dalam rhizosfir mereka dapat memberikan dampak positif (mutualisme atau komensalisme), negatif (parasitisme, kompetisi atau amensalisme) atau tidak memberikan pengaruh apa-apa (netralisme) (Bolton et al., 1992). Hindersah dan Simarmata (2004), menyatakan bahwa kesehatan biologis suatu tanah

akan banyak ditentukan oleh dominansi dari rhizobakteri yang diberikan atas mikroba tanah lainnya sehingga tanaman mendapatkan manfaat yang optimal dari rhizobakteri yang diberikan. Selain itu sifat fisika dan kimia tanah juga mempengaruhi pertumbuhan dan berat kering tanaman sawi. Bahan organik merupakan sumber energi dan bahan makanan bagi mikroorganisme yang hidup di dalam tanah. Mikroorganisme tanah saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik karena bahan organik menyediakan karbon sebagai sumber energi untuk tumbuh (Doeswono, 1983). Menurut Rubatzky dan Yamaguchi (1997) bakteri pupuk hayati dapat digunakan sebagai suplemen hara yang akan meningkatkan produksi dan kualitas tanaman. Namun jika mikroba di tambahkan terlalu banyak, maka akan terjadi persaingan terutama persaingan nutrient untuk pertumbuhan bakteri, sehingga dengan jumlah bakteri yang meningkat justru akan menurunkan daya kerja dan pertumbuhan bakteri. Pengaruh interaksi bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat, dan mikoriza perlu dipertimbangkan karena asosiasi antara tanaman, bakteri, dan mikoriza tidak hanya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, tetapi juga berpengaruh terhadap fisiologi ketiga organisme tersebut. Mengingat interaksi antar organisme tersebut sangat spesifik, maka pemahaman interaksi yang sangat spesifik tersebut dapat menjadi kunci keberhasilan pemanfaatan bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat, dan mikoriza secara bersamaan (Pujiyanto, 2001).

4.4 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Jumlah Daun Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

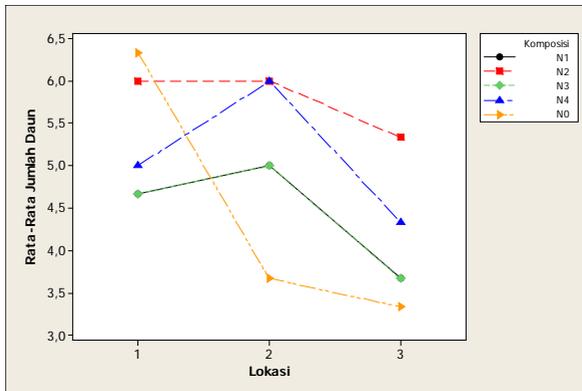
Daun merupakan organ penting tanaman yang berperan dalam proses fotosintesis karena memiliki klorofil. Daun merupakan organ tanaman tempat mensintesis makanan untuk kebutuhan tanaman maupun sebagai cadangan makanan. Semakin banyak jumlah daun, maka tempat untuk melakukan proses fotosintesis semakin banyak. Kedudukan batang tanaman sawi pada poros utamanya menyebar secara merata sehingga jumlah daun yang optimum memungkinkan distribusi cahaya antar daun lebih merata (Mohamad, 2013).

Unsur nitrogen pada tanaman berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan daun sehingga daun akan menjadi banyak jumlahnya dan akan menjadi lebar dengan warna yang lebih hijau yang akan meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman (Nurshanti, 2009). Bakteri pelarut fosfat berperan sebagai pelarut hara fosfat sehingga memfasilitasi penyediaan unsur hara fosfat yang cukup untuk suplai hara fosfat ke daun yang merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis (Gardner *et al.*, 1991).

Tabel 4.6 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	5 ^a	5 ^a	4 ^b
N2	6 ^a	6 ^a	5 ^b
N3	5 ^a	5 ^a	4 ^b
N4	5 ^a	6 ^a	4 ^b
N0	7 ^a	4 ^a	5 ^b

Keterangan : Nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan dan jika ada perbedaan huruf maka artinya ada perbedaan nyata antar perlakuan.



Gambar 4.4 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Keterangan : Komposisi BPN: BPF : Mikoriza dan lokasi untuk:

N1L1 = 1 : 1 : 1 dan Tuban

N3L1 = 2 : 0 : 1 dan Tuban

N1L2 = 1 : 1 : 1 dan Gresik

N3L2 = 2 : 0 : 1 dan Gresik

N1L3 = 1 : 1 : 1 dan Bangkalan

N3L3 = 2 : 0 : 1 dan Bangkalan

N2L1 = 1 : 2 : 0 dan Tuban

N4L1 = 0 : 1 : 2 dan Tuban

N2L2 = 1 : 2 : 0 dan Gresik

N4L2 = 0 : 1 : 2 dan Gresik

N2L3 = 1 : 2 : 0 dan Bangkalan

N4L3 = 0 : 1 : 2 dan Bangkalan

Berdasarkan hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun tanaman sawi hijau dimana nilai P adalah $> 0,05$ yaitu 0,312. Hal ini diduga karena jumlah daun lebih dipengaruhi oleh faktor lain seperti genetik dan faktor-faktor lingkungan lain. Pada penelitian Nugrahani (2012) mengungkapkan bahwa jumlah daun sawi sendok untuk semua perlakuan pupuk hayati tidak berbeda nyata dengan perlakuan pupuk pada perlakuan kontrol.

Lokasi pengambilan tanah berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun tanaman sawi hijau dimana nilai $P < 0,05$ yaitu 0,011. Berdasarkan uji Tukey dapat dilihat bahwa rata-rata jumlah daun tanaman sawi hijau pada lokasi 3 (Bangkalan) berbeda nyata dengan rata-rata jumlah daun tanaman sawi hijau

pada lokasi 1 (Tuban) dan 2 (Gresik). Hasil pengamatan jumlah daun ditunjukkan dalam Tabel 4.6 dan Gambar 4.4.

Perbedaan signifikan antar tanah disebabkan oleh sifat fisika dan kimia tanah yang berbeda. Tekstur yang paling ideal bagi tanah pertanian adalah tekstur lempung berdebu (Suwarno, 2011). Untuk pertumbuhan tanaman yang baik, tanah dengan aerasi, drainase, serta kemampuan menyimpan air maupun unsur hara yang baik harus memiliki komponen pasir, debu, dan liat yang seimbang (Daniel, 1992). Komponen pasir, debu, dan liat pada tanah yang diambil dari Tuban dan Gresik memiliki perbandingan seimbang sedangkan komponen pasir, debu, dan liat pada tanah Bangkalan memiliki perbandingan tidak seimbang dengan didominasi komponen debu 84%. Kandungan unsur hara pada tanah yang diambil dari Bangkalan memiliki kriteria yang rendah atau sangat rendah. Sedangkan tanah Tuban dan Gresik memiliki kriteria sedang hingga tinggi. Bahan organik merupakan sumber energi dan bahan makanan bagi mikroorganisme tanah. Mikroorganisme tanah saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik (Doeswono, 1983).

Jumlah daun tanaman sawi hijau berkaitan erat dengan tinggi tanaman. Tanaman sawi hijau memiliki batang yang beruas. Batang merupakan tempat melekatnya daun-daun, dimana tempat melengketnya daun disebut buku. Semakin tinggi batang maka buku dan ruas daun semakin banyak sehingga jumlah daun meningkat (Mohamad, 2013).

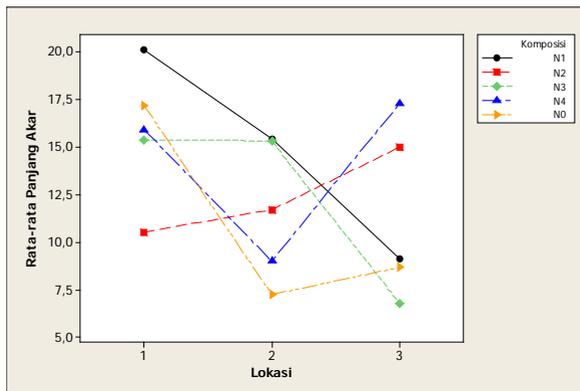
4.5 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Panjang Akar Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Akar berfungsi menyerap air dan hara dari dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tajuk. Fosfat berfungsi merangsang pertumbuhan akar (Munir, 2013). Selain fosfat, tanaman membutuhkan nitrogen bagi pertumbuhannya yaitu untuk pembentukan dan pembelahan sel baik dalam daun, batang, dan akar (Mohamad, 2013).

Tabel 4.7 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-Rata Panjang Akar Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	20,13 ^a	15,43 ^a	9,1 ^a
N2	10,53 ^a	11,7 ^a	15 ^a
N3	15,4 ^a	15,33 ^a	6,77 ^a
N4	15,93 ^a	9 ^a	17,3 ^a
N0	17,2 ^a	7,23 ^a	13 ^a

Keterangan : Nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan.



Gambar 4.5 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Panjang Akar Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

Keterangan : Komposisi BPN: BPF : Mikoriza dan lokasi untuk:

N1L1 = 1 : 1 : 1 dan Tuban

N3L1 = 2 : 0 : 1 dan Tuban

N1L2 = 1 : 1 : 1 dan Gresik

N3L2 = 2 : 0 : 1 dan Gresik

N1L3 = 1 : 1 : 1 dan Bangkalan

N3L3 = 2 : 0 : 1 dan Bangkalan

N2L1 = 1 : 2 : 0 dan Tuban

N4L1 = 0 : 1 : 2 dan Tuban

N2L2 = 1 : 2 : 0 dan Gresik

N4L2 = 0 : 1 : 2 dan Gresik

N2L3 = 1 : 2 : 0 dan Bangkalan

N4L3 = 0 : 1 : 2 dan Bangkalan

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap panjang akar sawi hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.) dimana nilai P adalah $> 0,05$ yaitu 0,064. Lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap panjang akar sawi hijau dimana nilai P = 0,05. Komposisi pupuk hayati juga tidak berpengaruh signifikan terhadap panjang akar sawi hijau dimana nilai P adalah $> 0,05$ yaitu 0,568.

Pada penelitian ini panjang akar tidak berbeda nyata diduga karena distribusi asimilat lebih banyak ke arah pertumbuhan tajuk. Hal ini menyebabkan berat kering tajuk yang jauh lebih tinggi dari pada nilai berat kering akar meskipun asimilat ditranslokasikan tidak hanya ke daun tetapi juga ke akar. Pada tanaman sawi, berat kering tajuk diharapkan lebih tinggi karena hasil produksi yang dimanfaatkan adalah daun. Proses pembentukan daun tersebut dipengaruhi oleh fotosintesis.

Pertumbuhan akar memacu pertumbuhan tajuk karena adanya sifat homeostasis untuk menjaga keseimbangan akar dan tajuk. Besarnya rasio tajuk/akar tergantung spesies, umur, kondisi lingkungan dan musim tumbuh. Rasio tajuk/akar meningkat karena distribusi asimilat lebih banyak ke arah pertumbuhan tajuk (Klepper, 1991). Setelah tanaman membentuk daun, pembagian asimilat lebih banyak ditranslokasikan ke tajuk. Tajuk yang sedang berkembang merupakan *sink* (pemakai) yang lebih kuat, sedangkan akar merupakan *sink* yang lebih lemah. Hubungan pertumbuhan tajuk dan akar merupakan mekanisme homeostatis dan upaya memelihara keseimbangan pertumbuhan tajuk dan akar sangat tergantung dengan metabolit (Kaufman *et al.*, 1995). *Sink* yang kuat pada saat pertumbuhan vegetatif adalah pucuk daun yang sedang membesar. Namun setelah daun menjadi *source* (penghasil) terjadi perubahan pembagian asimilat ke organ lain seperti akar dan batang (Salisbury dan Ross, 1995).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

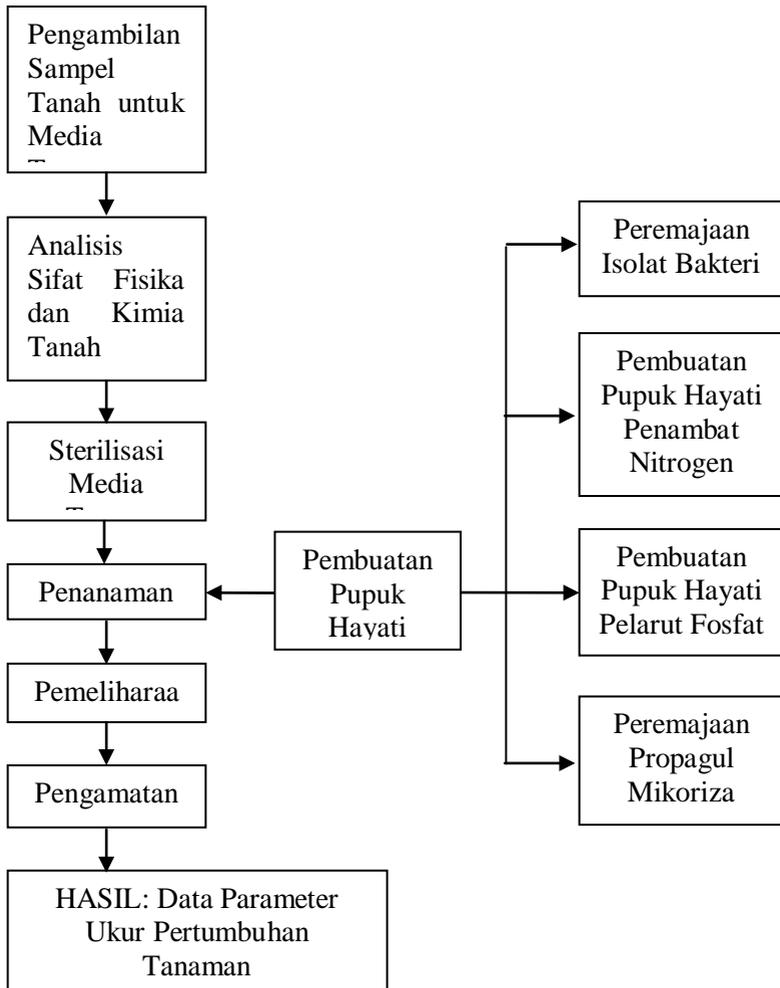
1. Interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, luas daun, berat kering tanaman sawi hijau (*Brassica rapa* var. *parachinensis* L.).
2. Interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun dan panjang akar sawi hijau (*B. rapa* var. *parachinensis* L.).

5.2 Saran

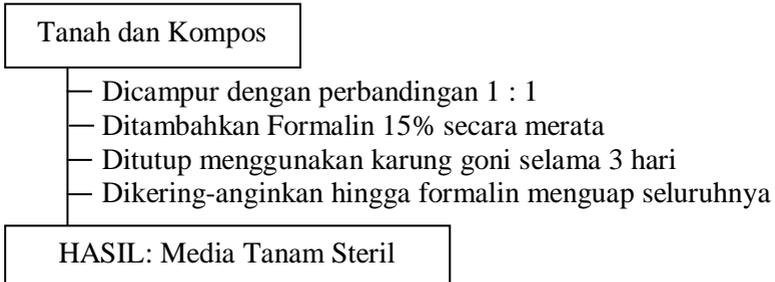
Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah terhadap pertumbuhan generatif tanaman untuk mendukung hasil penelitian sebelumnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

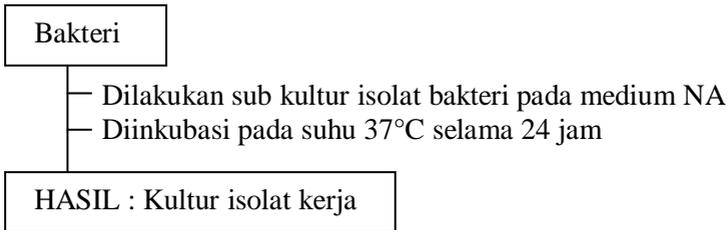
Lampiran 1: Skema Kerja



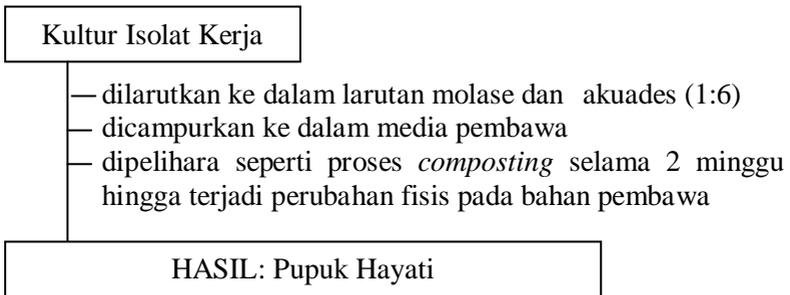
Sterilisasi Media Tanam



Peremajaan Isolat Bakteri



Pembuatan Pupuk Hayati



Peremajaan Propagul Mikoriza

Isolat Mikoriza asal Desa Condro

- ditambahkan pada media tanam steril
- diletakkan benih tanaman jagung sebagai tanaman inang
- ditutup menggunakan media tanam steril hingga benih jagung tidak terlihat
- dilakukan pemeliharaan tanaman selama 2 minggu
- dilakukan *stressing* dan *topping* pada tanaman inang
- pemanenan

HASIL: Propagul Mikoriza

Penanaman

Benih tanaman sawi

- direndam selama 2 jam dan diseleksi
- diletakkan 5 biji di atas media tanam dan pupuk hayati
- dilakukan penjarangan dengan memilih satu tanaman tiap polibag
- penyiraman dilakukan sehari cukup sekali yaitu pagi hari
- dilakukan pengukuran parameter pertumbuhan setelah panen

HASIL: Data Parameter
Ukur Pertumbuhan
Tanaman

Lampiran 2: Hasil Analisa Fisika Tanah.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
Jalan Veteran Malang 65145

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623, 566290 Fax : 0341 - 564333, 560011 e-mail : soilub@ub.ac.id

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Alamat

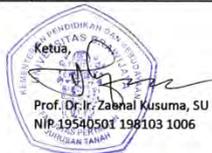
HASIL ANALISA TANAH

a.n : Nurma Rahmawati ITS

Asal : Tuban , Gresik Bangkalan

Nomor : 2956/UN10.4/T / PG / 2014

No	Kode	Pasir	Debu	Liat	Klas
1	Bangkalan	8	60	32	lemp. Berdebu
2	Gresik	17	49	34	Lemp. liat berdebu
3	Tuban	10	86	4	Lemp. berdebu



Malang, Juni 2014
Ketua lab. Fisika

Ir. W. Widianto, MSc.
NIP 19530212 197903 1004

Lampiran 3: Hasil Analisa Kimia Tanah.



KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI PENGAJIAN TEKNOLOGI PERTANIAN JAWA TIMUR

JL. RAYA KARANGLOSO KM 4 MALANG 85101 KOTAK POS 188
TELEPON (0341) 494052, 485055 FAXIMILI (0341) 471255
WEBSITE : <http://jatim.litbang.deptan.go.id> E-mail : bpptjatim@yahoo.com

LABORATORIUM TANAH
SERTIFIKAT HASIL ANALISIS
Nomor: 324/183/LT/VI/2014

Nama/Pemohon : Anyalia Ekawati
Instansi/Perusahaan : ITS Surabaya
Alamat : Sukolilo Surabaya
Jenis Contoh : Tanah
Kode Contoh : S (Tanah Tuban)
Tgl. Penerimaan : 11 Juni 2014
Tgl. Pengujian : 12 Juni – 02 Juli 2014

1 dari 1

No.	Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
1	Kadar Air	14,71	%	Oven 105 °C
2	pH			
	- H ₂ O	8,07	-	(1 : 5), Elektrometry; pH Meter
	- KCl	7,08		(1 : 5), Elektrometry; pH Meter
3	C-organik *)	2,70	ppm	Walkley & Black; Spectrophotometry
4	N-total *)	0,30	%	Kjeldahl; Trimmety
5	P ₂ O ₅ *)	49	ppm	Olsen; Spectrophotometry
6	Nilai Tukar Kation *)			
	- Kation dapat ditukar (dd)			
	• K	0,81	cmol(+) kg ⁻¹	Perkolasi NH ₄ -Acetat 1 M, pH 7; AAS

Hasil pengujian ini hanya berlaku bagi contoh yang diuji dan tidak untuk diperjualkani.
Keterangan : *) Terhadap contoh kering oven 105 °C

Malang, 02 Juli 2014
Menteri Teknik

Ir. Djah Peita Saraswati





KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI PENGKAJIAN TEKNOLOGI PERTANIAN JAWA TIMUR

JL. RAYA KARANGPLOSQ KM 4 MALANG 65101 KOTAK POS 188
TELEPON (0341) 494052, 485055 FAXIMILI (0341) 471255
WEBSITE : <http://jatim.litbang.deptan.go.id> E-mail : bptjajtm@yahoo.com

LABORATORIUM TANAH
SERTIFIKAT HASIL ANALISIS
Nomor : 325/183/LT/VI/2014

Nama/Pemohon : Anyalia Ekawati
Instansi/Perusahaan : ITS Surabaya
Alamat : Sukolilo Surabaya
Jenis Contoh : Tanah
Kode Contoh : S (Tanah Gresik)
Tgl. Penerimaan : 11 Juni 2014
Tgl. Pengujian : 12 Juni – 02 Juli 2014

1 dan 1

No.	Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
1	Kadar Air	7,78	%	Oven 105 °C
2	pH			
	- H ₂ O	8,35	-	(1 : 5), Elektrometry; pH Meter
	- KCl	7,46		(1 : 5), Elektrometry; pH Meter
3	C-organik *)	2,04	ppm	Walkley & Black; Spectrophotometry
4	N-total *)	0,25	%	Kjeldahl; Titrimetry
5	P ₂ O ₅ *)	69	ppm	Olsen; Spectrophotometry
6	Nilai Tukar Kation *)			
	- Kation dapat ditrukar (dd)			
	• K	0,35	cmol(+) kg ⁻¹	Perkolasi NH ₄ -Acetat 1 M, pH 7; AAS

Hasil pengujian ini hanya berlaku bagi contoh yang diuji dan tidak untuk diperbanyak
Keterangan : *) Terhadap contoh kering oven 105 °C





KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI PENKAJIAN TEKNOLOGI PERTANIAN JAWA TIMUR

JL. RAYA KARANGPLOSO KM 4 MALANG 65101 KOTAK POS 188
TELEPON (0341) 494052, 485055 FAXIMILI (0341) 471255
WEBSITE : <http://jatim.litbang.deptan.go.id> E-mail : bpkptjtm@yahoo.com

LABORATORIUM TANAH
SERTIFIKAT HASIL ANALISIS
Nomor : 326/183/LT/VI/2014

Nama/Pemohon : Anyalia Ekawati
Instansi/Perusahaan : ITS Surabaya
Alamat : Sukolilo Surabaya
Jenis Contoh : Tanah
Kode Contoh : S (Tanah Bangkalan)
Tgl. Penerimaan : 11 Juni 2014
Tgl. Pengujian : 12 Juni – 02 Juli 2014

No.	Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
1	Kadar Air	9,36	%	Oven 105 °C
2	pH			
	- H ₂ O	8,61	-	(1 : 5), Elektrometry; pH Meter
	- KCl	7,40	-	(1 : 5), Elektrometry; pH Meter
3	C-organik *)	0,95	ppm	Walkley & Black; Spectrophotometry
4	N-total *)	0,11	%	Kjeldahl; Titrimetry
5	P ₂ O ₅ *)	4	ppm	Olsen; Spectrophotometry
6	Nilai Tukar Kation *)			
	- Kation dapat ditukar (dd)			
	• K	0,35	cmol(+) kg ⁻¹	Perkolasi NH ₄ -Acetat 1 M, pH 7, AAS

Hasil pengujian ini hanya berlaku bagi contoh yang diuji dan tidak untuk diperbayak
Keterangan : *) Terhadap contoh kering oven 105 °C



Lampiran 4: Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah.

Tabel Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah.

	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	< 4,5	4,5 - 5,5	5,6- 6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	> 8,5

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C -Organik (%)	< 1,00	1,00 - 2,00	2,01 - 3,00	3,01 - 5,00	> 5,00
Nitrogen (%)	< 0,10	0,10 - 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 0,75	> 0,75
C/N	< 5	5 - 10	11 - 15	16 - 25	> 25
P ₂ O ₅ HCl (mg/100g)	< 10	10 - 20	21 - 40	41 - 60	> 60
P ₂ O ₅ Bray-1 (ppm)	< 10	10 - 15	16 - 25	26 - 35	> 35
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	< 10	10 - 25	26 - 45	46 - 60	> 60
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	< 10	10 - 20	21 - 40	41 - 60	> 60
KTK (me/100g)	< 5	5 - 16	17 - 24	25 - 40	> 40
Susunan Kation :					
K (me/100g)	< 0,1	0,1 - 0,2	0,3 - 0,5	0,6 - 1,0	>1,0
Na (me/100g)	< 0,1	0,1 - 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,0	>1,0
Mg (me/100g)	< 0,4	0,4 - 1,0	1,1 - 2,0	2,1 - 8,0	> 8,0
Ca (me/100g)	< 0,2	2 - 5	6 - 10	11 - 20	> 20
Kejenuhan Basa (%)	< 20	20 - 35	36 - 50	51 - 70	> 70
Aluminium (%)	< 10	10 - 20	21 - 30	31 - 60	> 60

(Hardjowigeno, S. 1995).

Lampiran 5: Data Pengamatan

Tabel Data Pengamatan Parameter Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rapa* var. *parachinensis* L.)

Perlakuan	Ulangan	Parameter Pertumbuhan				
		Tinggi (cm)	Jumlah Daun (cm)	Luas Daun (cm)	Panjang Akar (cm)	Berat Kering (g)
N1L1	1	8,8	4		16	0,17
	2	14,2	6		28,4	0,79
	3	8,8	4		16	0,37
N2L1	1	7,1	7		14,2	0,09
	2	7,5	5		7,2	0,12
	3	7,2	6		10,2	0,05
N3L1	1	11,7	5		13,5	0,32
	2	8,8	5		10,5	0,18
	3	10,2	4		22,2	0,33
N4L1	1	9,8	5		12,9	0,20
	2	12,7	5		23	0,44
	3	10,5	5		11,9	0,20
N0L1 (kontrol)	1	9,7	8		10,1	1,25
	2	13,5	5		21	0,38
	3	14,3	6		20,5	0,90
N1L2	1	7,5	6		21	0,17
	2	9,5	4		13,3	0,12
	3	6,5	5		12	0,12
N2L2	1	10,9	5		9	0,38
	2	15,8	7		21,1	0,54
	3	10,1	6		5	0,34
N3L2	1	12,5	5		18,5	0,41
	2	10	5		15	0,23
	3	8,2	5		12,5	0,18
N4L2	1	9,6	7		12	0,24
	2	8,1	5		8,5	0,12

	3	10,1	6	6,5	0,11
N0L2 (kontrol)	1	3,3	4	6,7	0,03
	2	4	4	7	0,04
	3	5,4	3	8	0,05
N1L3	1	6,2	4	11,3	0,14
	2	8,1	4	11,5	0,15
	3	3,3	3	4,5	0,01
N2L3	1	8,1	5	13	0,20
	2	9	6	13,5	0,21
	3	8,3	5	18,5	0,11
N3L3	1	4,1	4	6,2	0,04
	2	3,4	3	7,1	0,02
	3	2,1	4	7	0,003
N4L3	1	6,5	3	12,1	0,12
	2	9,1	5	24	0,25
	3	6,2	5	15,8	0,09
N0L3 (kontrol)	1	9	6	16	0,27
	2	8,5	4	10	0,15
	3	0	0	0	0

Data kemudian diuji apakah ada pengaruh dari komposisi pupuk hayati lokasi dan pengambilan tanah (sebagai faktor) terhadap parameter pertumbuhan yang diukur (sebagai respon) menggunakan ANOVA dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha= 0,05$) hasilnya:

Lampiran 6 : Hasil Uji Statistika

ANOVA Two-way: Tinggi versus Lokasi; Komposisi

Factor	Type	Levels	Values
Lokasi	fixed	3	1; 2; 3
Komposisi	fixed	5	1; 2; 3; 4; 5

Analysis of Variance for Tinggi, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Lokasi	2	134,832	134,832	67,416	13,63	0,000
Komposisi	4	23,379	23,379	5,845	1,18	0,339
Lokasi*Komposisi	8	175,194	175,194	21,899	4,43	0,001
Error	30	148,333	148,333	4,944		
Total	44	481,739				

S = 2,22361 R-Sq = 69,21% R-Sq(adj) = 54,84%

Unusual Observations for Tinggi

Obs	Tinggi	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
45	0,0000	5,8333	1,2838	-5,8333	-3,21 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Nilai P untuk Tinggi Vs Komposisi adalah 0,339 yang artinya adalah komposisi pupuk hayati tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dimana nilai P adalah $> 0,05$, nilai P untuk Tinggi Vs Lokasi adalah 0,000 yang artinya adalah lokasi pengambilan tanah berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dimana nilai P adalah $< 0,05$, dan nilai P untuk Tinggi Vs Lokasi dan Komposisi adalah 0,01 yang artinya adalah interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dimana nilai P adalah $< 0,05$. Sehingga dicari letak signifikansinya antar perlakuan menggunakan uji Tukey.

Hasil Uji Tukey Tinggi Vs Komposisi

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Lokasi	N	Mean	Grouping
1	15	10,3	A
2	15	8,8	A
3	15	6,1	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Hasil Uji Tukey Tinggi Vs Lokasi dan Komposisi

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Lokasi	Komposisi	N	Mean	Grouping
1	5	3	12,5	A
2	2	3	12,3	A
1	4	3	11,0	A
1	1	3	10,6	A B
2	3	3	10,2	A B
1	3	3	10,2	A B
2	4	3	9,3	A B C
3	2	3	8,5	A B C
2	1	3	7,8	A B C
1	2	3	7,3	A B C
3	4	3	7,3	A B C
3	1	3	5,9	A B C
3	5	3	5,8	A B C
2	5	3	4,2	B C
3	3	3	3,2	C

Means that do not share a letter are significantly different

Dari data diatas bisa dibuat data rata-rata dan standar deviasi untuk tiap perlakuan sekaligus bagaimana tingkat perbedaannya (signifikansinya) berdasarkan uji Tukey jika pada uji ANOVA terdapat pengaruh nyata ($P < 0,05$).

Tabel Rata-rata Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	10,6 ^{ab}	7,83 ^{abc}	5,87 ^{abc}
N2	7,27 ^{abc}	12,27 ^a	8,47 ^{abc}
N3	10,23 ^{ab}	10,23 ^{ab}	3,2 ^c
N4	11 ^a	9,27 ^{abc}	7,27 ^{abc}
N5	12,5 ^a	4,23 ^{bc}	8,75 ^{abc}

Format nilai diatas adalah rata-rata. Nilai yang dibelakangnya ada huruf mengindikasikan jika dalam satu kolom ada nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan dan jika ada perbedaan huruf maka artinya ada perbedaan yang signifikan antar perlakuan.

ANOVA Two-way: Jumlah Daun versus Lokasi; Komposisi

Factor	Type	Levels	Values
Lokasi	fixed	3	1; 2; 3
Komposisi	fixed	5	1; 2; 3; 4; 5

Analysis of Variance for Jumlah Daun, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Lokasi	2	13,911	13,911	6,956	5,22	0,011
Komposisi	4	12,800	12,800	3,200	2,40	0,072
Lokasi*Komposisi	8	13,200	13,200	1,650	1,24	0,312
Error	30	40,000	40,000	1,333		
Total	44	79,911				

S = 1,15470 R-Sq = 49,94% R-Sq(adj) = 26,59%

Unusual Observations for Jumlah Daun

Obs	Jumlah Daun	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
43	6,00000	3,33333	0,66667	2,66667	2,83 R
45	0,00000	3,33333	0,66667	-3,33333	-3,54 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Seperti yang terlihat pada hasil uji ANOVA Two-way di atas, nilai P untuk Jumlah Daun Vs Lokasi dan Komposisi adalah 0,312 yang artinya adalah interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dimana nilai P adalah $> 0,05$, nilai P untuk Jumlah Daun Vs Komposisi adalah 0,072 yang artinya adalah perlakuan komposisi pupuk hayati tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dimana nilai P $> 0,05$, sedangkan nilai P untuk Jumlah Daun Vs Lokasi adalah 0,011 yang artinya adalah perlakuan lokasi pengambilan tanah berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dimana nilai P adalah $< 0,05$. Sehingga dicari dimanakah letak signifikansinya menggunakan uji Tukey.

Hasil Uji Tukey Jumlah Daun Vs Lokasi

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Lokasi	N	Mean	Grouping
1	15	5,3	A
2	15	5,1	A
3	15	4,1	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Dari data hasil uji Tukey bisa dibuat data rata-rata dan standar deviasi untuk tiap perlakuan sekaligus bagaimana tingkat perbedaannya (signifikansinya) berdasarkan uji Tukey jika pada uji ANOVA terdapat pengaruh nyata ($P < 0,05$).

Tabel Rata-rata Jumlah Daun

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	5 ^a	5 ^a	4 ^b
N2	6 ^a	6 ^a	5 ^b
N3	5 ^a	5 ^a	4 ^b
N4	5 ^a	6 ^a	4 ^b
N5	7 ^a	4 ^a	5 ^b

Format nilai diatas adalah rata-rata. Nilai yang dibelakangnya ada huruf mengindikasikan jika dalam satu kolom ada nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan dan jika ada perbedaan huruf maka artinya ada perbedaan yang signifikan antar perlakuan.

ANOVA Two-way: Luas Daun versus Lokasi; Komposisi

Factor	Type	Levels	Values
Lokasi	fixed	3	1; 2; 3
Komposisi	fixed	5	1; 2; 3; 4; 5

Analysis of Variance for Luas daun, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Lokasi	2	933,03	933,03	466,52	15,12	0,000
Komposisi	4	122,46	122,46	30,62	0,99	0,427
Lokasi*Komposisi	8	1304,17	1304,17	163,02	5,28	0,000
Error	30	925,54	925,54	30,85		
Total	44	3285,21				

S = 5,55441 R-Sq = 71,83% R-Sq(adj) = 58,68%

Unusual Observations for Luas Daun

Obs	Luas Daun	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
8	8,8554	18,4848	3,2068	-9,6294	-2,12 R
13	15,0508	26,0296	3,2068	-10,9789	-2,42 R
15	38,3036	26,0296	3,2068	12,2739	2,71 R
22	28,1647	18,0959	3,2068	10,0688	2,22 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Nilai P untuk Luas Daun Vs Komposisi adalah 0,427 yang artinya adalah komposisi pupuk hayati tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun tanaman dimana nilai P adalah $> 0,05$, nilai P untuk Luas Daun Vs Lokasi dan Komposisi adalah 0,00 yang artinya adalah interaksi perlakuan lokasi pengambilan tanah dan komposisi pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap luas daun dimana nilai P adalah $< 0,05$, sedangkan nilai P untuk Luas Daun Vs Lokasi adalah 0,00 yang artinya adalah perlakuan lokasi pengambilan tanah berpengaruh nyata terhadap luas daun dimana nilai P adalah $< 0,05$. Sehingga dicari dimanakah letak signifikansinya menggunakan uji Tukey.

Hasil Uji Tukey Luas Daun Vs Lokasi

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Lokasi	N	Mean	Grouping
1	15	18,1	A
2	15	12,4	B
3	15	7,0	C

Means that do not share a letter are significantly different

Hasil Uji Tukey Luas Daun Vs Lokasi; Komposisi

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Lokasi	Komposisi	N	Mean	Grouping
1	5	3	26,0	A
1	4	3	22,1	A B
2	2	3	21,1	A B C
1	3	3	18,5	A B C D
2	3	3	18,1	A B C D E
1	1	3	16,2	A B C D E
2	4	3	12,7	A B C D E
3	2	3	11,7	A B C D E
3	4	3	8,5	B C D E
3	5	3	7,8	B C D E
1	2	3	7,7	B C D E
2	1	3	7,4	B C D E
3	1	3	5,0	C D E
2	5	3	2,6	D E
3	3	3	1,8	E

Means that do not share a letter are significantly different

Dari data diatas dibuat data rata-rata dan standar deviasi untuk tiap perlakuan sekaligus bagaimana tingkat perbedaannya (signifikansinya) berdasarkan uji Tukey.

Tabel Rata-rata Luas Daun

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	16,2 ^{abcde}	7,4 ^{bcde}	5,0 ^{cde}
N2	7,7 ^{bcde}	21,1 ^{abc}	11,7 ^{abcde}
N3	18,5 ^{abcd}	18,1 ^{abcde}	1,8 ^e
N4	22,1 ^{ab}	12,7 ^{abcde}	8,5 ^{bcde}
N5	26 ^a	2,6 ^{de}	7,8 ^{bcde}

Format nilai diatas adalah rata-rata. Nilai yang dibelakangnya ada huruf mengindikasikan jika dalam satu kolom ada nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata dan jika ada perbedaan huruf maka artinya ada perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Jika terdapat huruf ab mengindikasikan bahwa nilai tersebut tidak berbeda nyata baik dengan a maupun dengan b namun a dan b berbeda nyata.

ANOVA Two-way: Berat Kering versus Lokasi; Komposisi

Factor	Type	Levels	Values
Lokasi	fixed	3	1; 2; 3
Komposisi	fixed	5	1; 2; 3; 4; 5

Analysis of Variance for Berat Kering, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Lokasi	2	0,56380	0,56380	0,28190	11,00	0,000
Komposisi	4	0,13294	0,13294	0,03323	1,30	0,294
Lokasi*Komposisi	8	1,13937	1,13937	0,14242	5,56	0,000
Error	30	0,76894	0,76894	0,02563		
Total	44	2,60505				

S = 0,160098 R-Sq = 70,48% R-Sq(adj) = 56,71%

Unusual Observations for Berat Kering

Obs	b Kering	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	0,17070	0,44433	0,09243	-0,27363	-2,09 R
2	0,79190	0,44433	0,09243	0,34757	2,66 R
13	1,24800	0,84453	0,09243	0,40347	3,09 R
14	0,38460	0,84453	0,09243	-0,45993	-3,52 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Seperti yang terlihat pada hasil uji ANOVA Two-way di atas, nilai P untuk Berat Kering Vs Komposisi adalah 0,294 yang artinya adalah komposisi pupuk hayati tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman dimana nilai P adalah $> 0,05$, nilai P untuk Berat Kering Vs Lokasi dan Komposisi adalah 0,00 yang artinya adalah interaksi perlakuan lokasi pengambilan tanah dan komposisi pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dimana nilai P adalah $< 0,05$, sedangkan nilai P untuk Berat Kering Vs Lokasi adalah 0,00 yang artinya adalah perlakuan lokasi pengambilan tanah berpengaruh nyata terhadap berat kering dimana nilai P adalah $< 0,05$. Sehingga dicari dimanakah letak signifikansinya menggunakan uji Tukey.

Hasil Uji Tukey Berat Kering Vs Lokasi; Komposisi

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Lokasi	N	Mean	Grouping
1	15	0,4	A
2	15	0,2	B
3	15	0,1	B

Means that do not share a letter are significantly different

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Lokasi	Komposisi	N	Mean	Grouping
1	5	3	0,8	A
1	1	3	0,4	A B
2	2	3	0,4	A B
1	4	3	0,3	B
1	3	3	0,3	B
2	3	3	0,3	B
3	2	3	0,2	B
3	4	3	0,2	B
2	4	3	0,2	B
3	5	3	0,1	B
2	1	3	0,1	B
3	1	3	0,1	B
1	2	3	0,1	B
2	5	3	0,0	B
3	3	3	0,0	B

Means that do not share a letter are significantly different

Dari data diatas bisa dibuat data rata-rata dan standar deviasi untuk tiap perlakuan sekaligus bagaimana tingkat perbedaannya (signifikansinya) berdasarkan uji Tukey jika pada uji ANOVA terdapat pengaruh nyata ($P < 0,05$).

Tabel Rata-rata Jumlah Daun

Kode Komposisi Pupuk Hayati (N)	Lokasi Pengambilan Tanah (L)		
	L1	L2	L3
N1	0,44 ^{ab}	0,14 ^b	0,102 ^b
N2	0,09 ^b	0,42 ^{ab}	0,18 ^b
N3	0,27 ^b	0,27 ^b	0,02 ^b
N4	0,28 ^b	0,15 ^b	0,16 ^b
N5	0,84 ^a	0,04 ^b	0,21 ^b

Format nilai diatas adalah rata-rata. Nilai yang dibelakangnya ada huruf mengindikasikan jika dalam satu kolom ada nilai dengan huruf yang sama artinya tidak ada perbedaan nyata dan jika ada perbedaan huruf maka artinya ada perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Jika terdapat huruf ab mengindikasikan bahwa nilai tersebut tidak berbeda nyata baik dengan a maupun dengan b namun a dan b berbeda nyata.

ANOVA Two-way: Panjang Akar versus Lokasi; Komposisi

Factor	Type	Levels	Values
Lokasi	fixed	3	1; 2; 3
Komposisi	fixed	5	1; 2; 3; 4; 5

Analysis of Variance for Panjang Akar, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Lokasi	2	184,80	184,80	92,40	3,34	0,049
Komposisi	4	82,73	82,73	20,68	0,75	0,568
Lokasi*Komposisi	8	472,30	472,30	59,04	2,13	0,064
Error	30	830,23	830,23	27,67		
Total	44	1570,07				

S = 5,26065 R-Sq = 47,12% R-Sq(adj) = 22,44%

Unusual Observations for Panjang Akar

Obs	Panjang					
	Akar	Fit	SE Fit	Residual	St Resid	
20	21,1000	11,7000	3,0372	9,4000	2,19	R
45	0,0000	8,6667	3,0372	-8,6667	-2,02	R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Seperti yang terlihat pada hasil uji ANOVA Two-way di atas, nilai P untuk Panjang Akar Vs Lokasi dan Komposisi adalah 0,064 yang artinya adalah interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar dimana nilai P adalah $> 0,05$, nilai P untuk Panjang Akar Vs Komposisi adalah 0,568 yang artinya adalah perlakuan komposisi pupuk hayati tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar dimana nilai P $> 0,05$, dan nilai P untuk Panjang Akar Vs Lokasi adalah 0,049 yang artinya adalah perlakuan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar dimana nilai P adalah $> 0,05$.

Lampiran 7: Dokumentasi Media Pembawa Isolat Bakteri Penambat N, Bakteri Pelarut P, dan Mikoriza.

No.	Gambar	Keterangan
1.		Gambar media pembawa (serbuk kayu) setelah ditambahkan isolat <i>Azotobacter</i> sp.
2.		Gambar media pembawa (pupuk kandang) setelah ditambahkan isolat <i>Bacillus</i> sp.
3.		Tanaman jagung sebagai tanaman inang pertumbuhan mikoriza
4.		Tanah dan akar tanaman jagung yang sudah dicacah.

Lampiran 8: Dokumentasi Tanaman Sawi Hijau (*B. rapa* var. *parachinensis*) tiap Perlakuan

No.	Perlakuan	Gambar
1.	N0L1	
2.	N1L1	
3.	N2L1	
4.	N3L1	
5.	N4L1	

6. N0L2		
7. N1L2		
8. N2L2		
9. N3L2		
10. N4L2		
11. N0L3		

12. N1L3



13. N2L3



14. N3L3



15. N4L3



“Halaman ini sengaja dikosongkan”