

Efektivitas Pupuk Hayati Mikoriza Berbasis Azolla (Mikola) Pada Tanaman Bawang Merah

[Effectiveness of Biofertilizer Mycorrhiza Based Azolla (Mikola) on Shallot]

Eny Rokhminarsi, Darini Sri Utami, dan Begananda

Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNSOED Purwokerto, Jln. Dr. Suparno, Karangwangkal, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia 53123
E-mail:enyrokhminarsi@gmail.com

Diterima: 7 Desember 2018; direvisi: 27 Februari 2019; disetujui: 24 Juni 2019

ABSTRAK. Bawang merah merupakan jenis sayuran umbi yang potensial secara ekonomi. Produksi dan harganya yang fluktuatif menjadikan komoditas ini perlu mendapat perhatian yang serius, khususnya untuk pengembangan budidayanya ke lahan marjinal yang masih luas di Indonesia. Tujuan penelitian adalah menerapkan bioteknologi pupuk hayati mikoriza spesifik lokasi lahan marjinal berbasis Azolla (Mikola) dan pengurangan dosis pupuk kimia sintesis pada budidaya tanaman bawang merah. Metode penelitian berupa percobaan pot di rumah plastik menggunakan rancangan *central composit second order design* dengan dua faktor. Faktor pertama, dosis pupuk Mikola, yaitu 6, 12, 18, 24, 30 g/tanaman dan faktor kedua adalah pengurangan dosis pupuk kimia sintesis Urea, ZA, SP-36, dan KCl, yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari dosis anjuran. Analisis dilakukan dengan metode *respon surface methodology* (RSM) dengan model persamaan matematika : $Y_i = \beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon_{ij}$ dengan bantuan program minitab 16. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk Mikola dosis 15 g/tanaman dan pupuk kimia sintesis dosis 3 g/tanaman mampu meningkatkan pertumbuhan bobot kering tajuk tanaman, namun belum mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, bobot segar tanaman, dan akar tanpa umbi serta hasil bawang merah. Aplikasi pupuk Mikola dengan dosis 15 g/tanaman mampu mengurangi pemakaian pupuk kimia sintesis sebanyak 40% dari dosis rekomendasi. Implikasi dari hasil penelitian ini adalah pemanfaatan pupuk Mikola dengan dosis 18 g dan pupuk Urea, ZA, SP-36, serta KCl sebanyak 60% dari dosis rekomendasi perlu dicoba dalam bentuk demplot untuk pengembangan budidaya tanaman bawang merah di lahan marjinal.

Kata kunci: Mikoriza; Azolla; Pupuk hayati; Bawang merah

ABSTRACT. Shallots is a kind of bulb vegetable economic potential. Production and the price fluctuating commodity makes it necessary for serious concern, particularly for the development of cultivation into marginal land that is still wide spread in Indonesia. The objective of research was to apply of biofertilizer mycorrhizal marginal land of Azolla based (Mikola) and dose reduction of inorganic fertilizers in the cultivation of shallot. The research was pot experiment using the central composite second order design with two factors. The factors are the dose of Mikola namely 6, 12, 18, 24, 30 g/plant and reduction of Urea, ZA, SP-36, KCl i.e. 20%, 40%, 60%, 80%, and 100% of recommended doses. The analysis using Response Surface Methodology, a mathematical equation: $Y_i = \beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon_{ij}$. The conclusion showed that the application of Mikola fertilizers on the shallot planting with 18 g per plant can eliminate the use of inorganic fertilizers up to 40% of the dose recommendation and increase the yield up to 15%. The implication of this research is to utilize 18 g dose of Mikola fertilizer and Urea, ZA, SP-36, and KCl 60% from its recommended dose should be tested in a form of demonstration plot for the development of shallot in a marginal cultivation.

Keywords: Mycorrhiza; Azolla; Biofertilizer; Shallot

Bawang merah merupakan salah satu komoditas hortikultura sayuran potensial di Indonesia. Jenis sayuran ini selain digunakan sebagai bumbu masak sehari-hari juga sering digunakan untuk obat tradisional. Komoditas ini menjadi primadona ketika harga jualnya melonjak cukup tinggi hingga mencapai 4 – 5 kali lipat, akibat musim hujan yang berkepanjangan. Bawang merah juga merupakan komoditas ekspor. Menurut Sulaeman (2016), ekspor bawang merah Indonesia meningkat, yaitu pada tahun 2014 hanya 4.439 ton, sedangkan di tahun 2015 naik tajam mencapai 14.149 ton, yang berarti kenaikannya sebesar 219 %. Pada tahun 2015, pemerintah mampu menurunkan impor bawang merah dari 87.526 ton pada 2014, menjadi 15.769 ton pada 2015, yang artinya impor bawang merah turun drastis 82 %.

Dalam upaya mendukung ketersediaan dalam negeri dan ekspor bawang merah perlu peningkatan produksi, melalui penerapan teknologi atau cara budidaya yang baik (*good agricultural practices*) dan berkelanjutan. Menurut Murniningtyas (2016), keberlanjutan secara ekologi perlu tetap dijaga dengan tidak menggunakan sumber daya alam (SDA) secara berlebihan (ketersediaan SDA terbarukan dan tidak terbarukan) serta tidak menghasilkan limbah yang mengganggu kelangsungan keberadaan SDA dan fungsi lingkungan hidup.

Salah satu kendala dalam peningkatan produksi bawang merah adalah terbatasnya lahan untuk penanamannya sehingga perlu diarahkan pada lahan marjinal yang masih cukup luas. Di Indonesia, lahan marjinal dijumpai baik pada lahan basah maupun

lahan kering. Lahan basah berupa lahan gambut, lahan sulfat masam, dan rawa pasang surut seluas 24 juta ha, sementara lahan kering berupa tanah Ultisol 47,5 juta ha dan Oxisol 18 juta ha (Suprpto 2003 dalam Yuwono 2009). Tanah Ultisol mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan bagi perluasan lahan pertanian untuk tanaman pangan, asalkan diimbangi dengan pengelolaan tanaman dan tanah yang tepat (Syahputra, Fauzi & Razali 2015). Namun, kendalanya adalah rendahnya kesuburan tanah, kemasaman tanah tinggi, pH rata-rata < 4,5, kejenuhan Al tinggi, kandungan hara makro P, K, Ca, Mg rendah, dan kandungan bahan organik rendah (Nyakpa *et al.* 1988 dalam Paiman & Armando 2010). Tingginya unsur Al yang menyebabkan kurang tersedianya unsur hara P yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman yang dibudidayakan. Menurut Novriani (2010), fungsi unsur P pada awal pertumbuhan menunjukkan bahwa tanaman yang ditanam pada lingkungan cukup P mempunyai distribusi perakaran yang baik dibandingkan dengan tanaman yang kurang P.

Faktor lain dalam budidaya bawang merah adalah pemakaian input produksi yang tinggi sehingga dapat mengurangi pendapatan petani. Faktor produksi yang banyak dipakai dalam budidaya tanaman bawang merah adalah pupuk dan pestisida sintetis yang banyak mengalami kendala. Di antaranya dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan dan produk yang dihasilkan, sering menghilang di pasaran bahkan dipalsukan sehingga hasilnya menjadi tidak optimal. Pemberian pupuk kimia sintetis secara terus menerus juga dapat mengakibatkan produktivitas lahan menurun, salah satu solusinya, yaitu melalui pemberian bahan organik yang dapat menyediakan unsur hara bagi tanaman di antaranya adalah kompos Azolla. Bahan organik ini merupakan faktor yang dapat memengaruhi jumlah anakan dan jumlah umbi tanaman bawang merah karena pemberian bahan organik akan membentuk granular-granular yang mengikat tanpa liat, akibatnya tanah menjadi lebih porous. Tanah yang porous inilah yang mudah ditembus akar sehingga umbi yang terbentuk lebih besar dan lebih banyak (Elisabeth 2013).

Di lain pihak, efisiensi pupuk yang terserap tanaman di daerah tropis relatif rendah, pupuk Urea hanya sekitar 20–30%, pupuk KCl sekitar 30–50%, dan efisiensi SP-36 lebih rendah dibandingkan Urea dan KCl (Simarwata, Sumarni & Arief 2001). Cara penempatan pupuk juga akan memengaruhi jumlah pupuk yang tersedia bagi tanaman. Pemberian Urea dengan cara pembenaman dalam tanah akan mengurangi kehilangan Urea sebesar 20% dari dosis pupuk yang diberikan. Pemberian pupuk N dan K sampai tanaman bawang merah berumur 43 hari setelah tanam (HST) memberikan

pertumbuhan tanaman menjadi vigor sampai pada awal pembentukan umbi (Irfan 2013). Oleh karena itu, strategi peningkatan produksi tanaman bawang merah ditekankan pada percepatan pertumbuhan produksi berbasis peningkatan inovasi teknologi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Adiyoga 1999) serta berbasis sumber daya dan kearifan lokal, yaitu dengan pemanfaatan pupuk mikoriza spesifik lokasi lahan marginal berbasis Azolla (Mikola). Azolla merupakan tumbuhan air yang dapat bersimbiosis dengan alga penambat Nitrogen *Anabaena azollae* (Utama, Firmia & Natanael 2015). Jamur mikoriza yang sering digunakan dalam dunia pertanian adalah mikoriza arbuskula. Jamur mikoriza arbuskula (MA), merupakan jamur yang bersifat obligat simbiosis dan harus tumbuh pada suatu tanaman inang yang masih hidup (Habte 1990).

Aplikasi pupuk hayati mikoriza dan Azolla pada tomat ceri berpengaruh nyata terhadap persentase infeksi mikoriza, bobot kering tajuk, dan jumlah buah per tanaman. Pemberian Azolla berpengaruh nyata terhadap persentase infeksi mikoriza, luas daun, bobot tajuk kering, jumlah buah per tanaman, dan bobot buah per tanaman, dengan pengurangan pemakaian pupuk N dan P sebanyak 15% meningkatkan serapan P (Rokhminarsi, Hartati & Suwandi 2007).

Oleh karena itu penerapan pupuk Mikola pada budidaya tanaman bawang merah dengan pengurangan pemakaian pupuk kimia sintetis dapat mengurangi subsidi pupuk oleh pemerintah. Permasalahannya adalah berapa dosis pupuk Mikola dan pengurangan dosis pupuk kimia sintetis yang dapat menghasilkan umbi bawang merah secara optimal dan berapa persen pengurangan dosis pupuk kimia sintetis yang dapat dipakai dalam budidaya tanaman bawang merah.

Penelitian dilakukan dengan tujuan menerapkan bioteknologi pupuk hayati mikoriza spesifik lokasi lahan marginal berbasis Azolla (Mikola) dan pengurangan dosis pupuk kimia sintetis pada budidaya tanaman bawang merah. Hipotesis penelitian adalah perlakuan pupuk mikoriza-Azolla berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah dapat meningkat dan penggunaan pupuk kimia sintetis dapat dikurangi hingga 40% dari dosis rekomendasi.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni sampai dengan Oktober 2016 berupa percobaan pot yang dilakukan di Rumah Plastik Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. Bahan yang digunakan

adalah pupuk hayati mikoriza spesifik lokasi lahan marjinal berbasis Azolla (Rokhminarsi, Hartati & Utami 2012), kompos azolla, benih bawang merah varietas Bima Curut, polibag, pupuk Urea, ZA, SP-36, KCl, pupuk kompos, dan bahan untuk analisis mikoriza. Peralatan yang digunakan adalah peralatan untuk analisis spora mikoriza metode Gerdeman & Nicolson (1962) serta pengamatan infeksi mikoriza metode *clearing* dan *staining* (Kormanik & Mc Graw 1982), serta peralatan budidaya tanaman, *handsprayer*, termohigrometer, dan cangkul. Media tanam yang digunakan adalah tanah Ultisol seberat 8 kg dalam polibag dengan ukuran 40 cm x 45 cm.

Percobaan terdiri atas dua faktor, yaitu:

1. Dosis pupuk hayati Mikola terdiri atas:

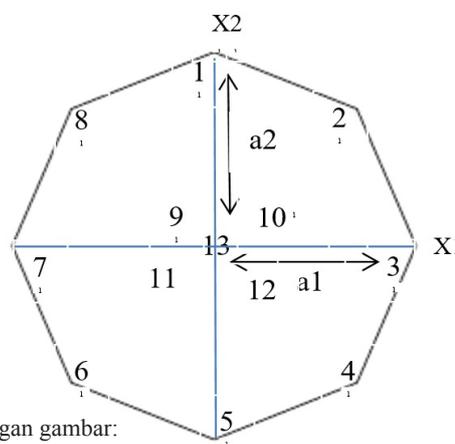
- H1= 6 g/tanaman
- H2= 12 g/tanaman
- H3= 18 g/tanaman
- H4= 24 g/tanaman
- H5= 30 g /tanaman

2. Pengurangan dosis anjuran pupuk kimia sintetis/kimia (Urea, ZA, SP-36, dan KCl), yaitu:

- K1= 20% dosis anjuran pupuk kimia (0,2 g Urea, 0,4 g ZA, 0,2 KCl, 0,3 g SP-36/tanaman)
- K2= 40% dosis anjuran pupuk kimia (0,35 g Urea, 0,8 g ZA, 0,35 KCl, 0,3 g SP-36/tanaman)
- K3= 60% dosis anjuran pupuk kimia (0,5 g Urea, 1,2 g ZA, 0,5 KCl, 0,7 g SP-36/tanaman)
- K4= 80% dosis anjuran pupuk kimia (0,65g Urea, 1,6 g ZA, 0,65 KCl, 0,9 g SP-36/tanaman)
- K5= 100% dosis anjuran pupuk kimia (200 kg Urea, 500 kg ZA, 200 kg KCl, 275 kg SP-36/ha setara dengan 0,8 g Urea, 2 g ZA, 0,8 KCl, 1,1 g SP-36/tanaman)

Percobaan menggunakan rancangan *central composite second order design* (CCSOD) dengan lima ulangan yang terletak di titik pusat oktagon, yaitu H3K3. Setiap unit perlakuan terdiri atas tiga tanaman. Penggunaan rancangan ini dimaksudkan agar tercapai keefektifan dan keefisienan.

Berdasarkan faktor-faktor dan taraf yang dicoba, secara konvensional (seperti pada RCBD, CRD, dan LSD) jumlah kombinasi yang dicoba adalah 25 kombinasi perlakuan. Untuk mengetahui kombinasi terbaik yang seharusnya berjumlah 25 kombinasi perlakuan tersebut maka agar diperoleh kombinasi yang efisien digunakan faktorial tidak lengkap yaitu dipilih bentuk rancangan *central composite second order desain* (CCSOD). Dengan metode fraksinasi yang ditentukan dengan sistem koordinat sudut segi banyak beraturan (Oktagon) dengan titik ordinat 0,0 di pusat lingkaran yang diulang lima kali sehingga diperoleh kombinasi perlakuan sebanyak 13 di



Keterangan gambar:

- a1 : x1 maksimum
- a2 : x2 maksimum
- x1 : Pupuk Mikola
- x2 : Pupuk Kimia sintetis

Gambar 1. Rancangan oktagon (Octagon design)

Tabel 1. Titik koordinat oktagon sebagai dasar penentuan kombinasi perlakuan (Octagon coordinates as the basis for the combination treatment)

No pot (Pot no)	Koordinat hexagon (Hexagon coordinates)		Dosis pupuk (Fertilizer dosage), g/tan. (plant)		Kode perlakuan (Treatments code)
	X1	X2	Mikola	Kimia sintetis	
1	0	1	18	4,7	H3K5
2	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	24	3,8	H4K4
3	1	0	30	2,9	H5K3
4	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$-\frac{1}{2}\sqrt{2}$	24	2,0	H4K2
5	0	-1	18	1,1	H3K1
6	$-\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$-\frac{1}{2}\sqrt{2}$	12	2	H2K2
7	-1	0	6	2,9	H1K3
8	$-\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	12	3,8	H2K4
9	0	0	18	2,9	H3K3
10	0	0	18	2,9	H3K3
11	0	0	18	2,9	H3K3
12	0	0	18	2,9	H3K3
13	0	0	18	2,9	H3K3

mana titik-titik sudut terletak menghasilkan 13 kombinasi perlakuan sebagai tercantum pada Gambar 1 dan Tabel 1 (Myers 1971)

Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Pembuatan formula pupuk Mikola dengan mencampurkan pupuk hayati mikoriza dengan kompos *Azolla* (*Azolla microphylla*), yaitu 8 g pupuk hayati mikoriza dan 6 g kompos *Azolla*, kemudian ditimbang sesuai perlakuan yang dicoba.

Proses pembuatan pupuk hayati mikoriza adalah sebagai berikut:

- a. Eksplorasi dan isolasi jamur mikoriza dari rizosfer kedelai berupa genus *Gigaspora* dan *Glomus*, diperbanyak menggunakan tanaman cantel yang ditanam pada media campuran bubuk arang : batuan fosfat alam : dolomit dengan perbandingan 1:1:1 dalam berat per berat yang masing-masing berukuran diameter 2 mm. Ukuran pot untuk tanaman cantel berdiameter 10 cm.
 - b. Tanaman cantel ditanam pada media tersebut dan dipelihara dengan menyiram tanaman setiap sore sampai umur 6 minggu setelah tanam (MST), kemudian tanaman dipotong tajuknya, penyiraman dihentikan selama 3 minggu sehingga tanaman mengering. Media tanam yang mengandung spora mikoriza dan akar tanaman yang dihaluskan kemudian disaring dengan saringan 2 mm, dan menjadi pupuk hayati mikoriza.
2. Menyiapkan media tanam berupa tanah Ultisol dengan diameter 5 mm dengan berat 13,5 kg kemudian dimasukkan ke dalam polibag, didiamkan selama 2 hari.
 3. Penimbangan pupuk kimia sintetis (Urea, ZA, SP-36, dan KCl) sesuai dengan perlakuan yang dicoba, kemudian SP-36 dan KCl diaplikasikan ke dalam media tanam 2 hari sebelum tanam, sedangkan pupuk Urea dan ZA diberikan tiga kali, yaitu 1 MST, 3 MST, dan umur 30 hari setelah tanam (HST).
 4. Bibit bawang merah sebelum ditanam dipotong terlebih dahulu kira-kira ¼ bagian pada pucuknya kemudian diperlakukan dengan pestisida P60 dengan merendam selama 2 menit dan selanjutnya ditiriskan selama 2 menit dan ditanam ke dalam polibag.
 5. Pemeliharaan tanaman yang dilakukan meliputi penyiraman, pemupukan, dan pengendalian OPT.

Pengamatan pertumbuhan:

- a. Tinggi tanaman, yaitu dengan mengukur tanaman dimulai dari pangkal batang di atas tanah sampai ujung daun tertinggi.
- b. Jumlah daun, yaitu dengan menghitung banyaknya daun pada setiap rumpun tanaman.

- c. Jumlah anakan, yaitu dengan menghitung banyaknya anakan pada setiap rumpun tanaman.
- d. Bobot tanaman segar, yaitu dengan menimbang tanaman bagian atas (tajuk) setelah dilakukan pemanenan.
- e. Bobot tanaman kering, yaitu dengan menimbang tanaman bagian atas setelah dikeringkan menggunakan oven 80°C selama 24 jam.
- f. Bobot akar segar, yaitu dengan menimbang akar setelah dilakukan pemanenan.

Pemanenan dilakukan pada umur 67 HST.

Pengamatan komponen hasil bawang merah meliputi:

1. Bobot umbi segar per rumpun, yaitu dengan menimbang seluruh umbi setiap rumpun setelah dipisahkan dari daunnya.
2. Bobot umbi kering per rumpun, yaitu dengan menimbang seluruh umbi setiap rumpun setelah dipisahkan dari daunnya kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari.
3. Jumlah umbi, yaitu dengan menghitung jumlah umbi pada setiap rumpun
4. Volume umbi, yaitu dengan memasukkan umbi ke dalam gelas ukur yang berisi air dengan volume tertentu. Penambahan volume air dalam wadah adalah volume umbi.
5. Bobot umbi, yaitu dengan menimbang setiap sampel umbi pada setiap perlakuan.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan metode *response surface methodology* (Myers 1971) dengan model persamaan : $Y_i = \beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \epsilon_{ij}$

Keterangan:

Y_i = Variabel yang diamati

X_1 = Dosis pupuk Mikola

X_2 = Dosis pupuk kimia sintetis

β = Koefisien regresi

Kombinasi optimal diperoleh dari persamaan:

$$X_0 = -b/2 \cdot B^{-1}b = (\beta_1, \beta_2) \text{ dan } B^{-1} = \begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} \\ \beta_{12} & \beta_{22} \end{pmatrix}$$

Analisis dilakukan dengan bantuan program MINITAB 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah

Data hasil pengamatan dan analisis dari pengujian pupuk Mikola dan pengurangan pupuk kimia sintetis

(Urea, ZA, SP36, dan KCl) pada tanaman bawang merah tersaji pada Tabel 2 dan Tabel 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pupuk Mikola dan pengurangan dosis pupuk kimia sintetis hanya berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bobot tajuk kering dan tidak berpengaruh nyata terhadap komponen pertumbuhan lainnya serta hasil tanaman bawang merah.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat pada perlakuan kombinasi titik koordinat, yaitu H3K3 yang diulang, menghasilkan data yang berbeda disebabkan bahwa pada analisis ragam, data yang diperoleh sebenarnya bukan hanya karena pengaruh perlakuan saja melainkan sebagai model aditif dari persamaan $Y_i = \mu_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$ yang diartikan Y_i = data yang diperoleh, μ_i = pengaruh genetik atau rata-rata umum, τ_j = pengaruh perlakuan dalam hal ini adalah kombinasi pupuk Mikola dan pupuk kimia sintetis, dan ϵ_{ij} = kesalahan yang bersifat kebetulaan (*error*). Salah satu asumsi dasar dari analisis ragam ini yang menjadikan adanya keragaman data dari hasil percobaan sehingga bila dilakukan pengujian dan hasilnya hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis tandingan ditolak (H_1) maka keragaman data disebabkan karena terjadinya kesalahan (ϵ_{ij}). Maka hasil seperti ini tidak dijadikan keputusan adanya perbedaan perlakuan. Dalam kasus

ini yang terjadi perbedaan nyata dengan peluang 0,05 hanya pada variabel tajuk kering, pada variabel yang lain perbedaan keragaman datanya disebabkan karena kesalahan.

Berdasarkan Tabel 2 pemberian pupuk Mikola dan pupuk kimia sintetis (Urea, ZA, SP-36, dan KCl) hanya berpengaruh nyata terhadap bobot tajuk kering dan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap variabel tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, bobot tajuk segar, dan bobot akar segar. Bobot tajuk kering merupakan indikator pertumbuhan tanaman. Tajuk tanaman bawang merah berupa kumpulan daun yang merupakan tempat terjadinya proses fotosintesis untuk menghasilkan fotosintat yang diakumulasikan dalam organ tanaman terutama tajuk. Pemberian pupuk Mikoriza yang mengandung spora jamur mikoriza dapat membantu menyediakan unsur hara P, sedangkan kompos Azolla dalam pupuk Mikola dapat menyediakan unsur hara N untuk tanaman bawang merah sehingga memengaruhi pertumbuhan tajuk tanaman. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Ginting *et al* (2013), bahwa pemberian pupuk NPK lebih dominan menaikkan berat tajuk dan umbi pada bawang merah.

Hasil analisis lanjutan terhadap bobot kering tanaman diperoleh fungsi $Y = 3,200 + 0,5695 X_1 +$

Tabel 2. Hasil analisis dengan *respon surface methodology* (RSM) terhadap variabel pertumbuhan tanaman bawang merah (*Analisis result with RSM on the growth variable of shallot plant*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Variabel pengamatan (<i>Observation variable</i>)					
	Tinggi tanaman (<i>Plant height</i>) cm	Jumlah daun (<i>Leaf number</i>) helai (<i>blade</i>)	Jumlah anakan (<i>Tiller number</i>)	Bobot tanaman segar (<i>Fresh weight plant</i>), g	Bobot tanaman kering (<i>Dry weight plant</i>), g	Bobot akar segar (<i>Fresh weight root</i>), g
H2K2	28,75	21,50	6,50	3,00	1,50	0,10
H2K4	36,50	33,50	8,50	5,50	2,40	0,20
H3K1	34,00	33,75	8,50	9,50	1,20	0,30
H3K2	31,75	35,00	7,75	6,30	3,10	0,40
H3K3	31,12	38,00	9,25	10,10	2,50	0,30
H3K3	31,25	35,00	6,75	11,80	1,40	0,50
H3K3	34,37	31,25	7,25	12,60	4,60	0,30
H3K3	29,00	31,75	7,25	5,60	1,10	0,20
H3K3	32,25	32,50	8,50	13,00	2,10	0,20
H3K5	29,00	29,50	8,50	6,40	0,70	0,10
H4K2	30,25	29,50	7,75	5,90	1,30	0,40
H4K4	34,00	27,75	7,00	8,40	4,50	0,20
H5K3	28,75	22,00	6,25	5,90	1,70	0,20
Hasil analisis (<i>Analisis result</i>)	Tidak nyata P>0,05	Tidak nyata P>0,05	Tidak nyata P>0,05	Tidak nyata P>0,05	Nyata P<0,05	Tidak nyata P>0,05

H1 sampai dengan H5 = dosis pupuk Mikola berturut-turut 6, 12, 18, 24, dan 30 g/tanaman. K1 sampai dengan K5 = pengurangan dosis pupuk kimia sintetis per tanaman berturut-turut 20% (0,2 g Urea, 0,4 g ZA, 0,2 KCl, 0,3 g SP 36), 40% (0,35 g Urea, 0,8 g ZA, 0,35 KCl, 0,3 g SP 36), 60% (0,5 g Urea, 1,2 g ZA, 0,5 KCl, 0,7 g SP 36), 80% (0,65 g Urea, 1,6 g ZA, 0,65 KCl, 0,9 g SP 36) dan 100% (0,8 g Urea, 2 g ZA, 0,8 KCl, 1,1 g SP 36 atau 200 kg Urea, 500 kg ZA, 200 kg KCl, 275 kg/ha)

$0,0366 X_2 - 0,5625 X_1^2 - 0,8625 X_2^2 - 2,19133 E-17 X_1 X_2$ dengan $R^2 = 87,1\%$ (X_1 adalah dosis pupuk Mikola dan X_2 adalah dosis pupuk kimia sintetis). Dosis kombinasi terbaik dari kedua pupuk tersebut adalah 14,96 g pupuk Mikola per tanaman dan 2,808 g per tanaman untuk pupuk kimia sintetis. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa perlakuan yang layak untuk dikembangkan agar pertumbuhan tanaman optimal adalah perlakuan dengan imperatif teknologi (input) terpilih, yaitu pemberian dosis pupuk Mikola sebanyak 15 g per tanaman dengan pupuk anorganik sebanyak 3 g per tanaman atau pengurangan sebesar 40% dari dosis rekomendasi. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk Mikola sebanyak 15 g per tanaman dapat mengurangi pemakaian pupuk 40% dari dosis rekomendasi atau dosis anjuran. Dosis anjuran untuk tanaman sebagian besar juga masih bersifat sangat umum, padahal kebutuhan pupuk berbeda untuk setiap jenis tanaman, tanah, dan lokasi maupun teknik budidaya yang digunakan (Widyanti & Susila 2015). Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis tanah Ultisol yang kandungan hara tersedianya rendah sehingga dosis pupuk Mikola pada perlakuan H2K3 yang dipilih. Hal ini diduga, pada dosis yang lebih rendah dari H3K3, pengaruhnya kurang efektif, sedangkan pada dosis yang lebih tinggi diduga peran mikoriza menjadi berkurang akibat dari dosis Azolla yang tinggi akan dapat menyediakan unsur-unsur hara bagi tanaman baik makro maupun mikro.

Pada dosis yang tepat tersebut, jamur mikoriza dapat meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki karakteristik tanah, serta tetap menjaga keseimbangan lingkungan, yaitu mampu meningkatkan nilai pH, P-tersedia, dan KTK dibandingkan tanpa pemberian mikoriza (Nurmasyitah, Syafruddin & Sayutthi 2013). Menurut Asngad (2013), peran jamur mikoriza (CMA) kepada tanaman adalah pengambilan, asimilasi, dan translokasi nutrisi di luar zona rizosfer kepada akar tanaman yang dilakukan oleh ekstra radikal miselium CMA. Menurut Sagala, Hanafiah & Razali (2013), pemberian mikoriza berperan secara nyata dalam meningkatkan bobot kering tanaman, serapan P tanaman, derajat infeksi akar, dan kadar P tanah, serta cenderung dapat menekan kadar Cd-tersedia tanah serta serapan Cd tanaman.

Disamping itu, aktivitas mikoriza dapat memproduksi asam-asam organik maupun enzim fosfatase yang dapat mengubah unsur P yang berada di zona labil sehingga bisa diserap oleh akar tanaman. Adanya sumbangan P pada tanaman maka penambahan Nitrogen akan berlangsung dengan cepat (Charisma, Rahayu & Isnawati 2012). Penambahan unsur N penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta hasil umbi bawang merah (Napitupulu & Winarto 2011). Pemberian pupuk Nitrogen nyata

meningkatkan bobot kering per sampel 126,7% dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk Nitrogen (Simanjuntak, Sipayung & Meiriani 2015).

Tanaman membutuhkan unsur hara untuk melakukan proses-proses metabolisme, terutama pada masa vegetatif. Diharapkan unsur yang terserap dapat digunakan untuk mendorong pembelahan sel dan pembentukan sel-sel baru guna membentuk organ tanaman seperti daun, batang, dan akar yang lebih baik sehingga dapat memperlancar proses fotosintesis (Rizqiani, Ambarwati & Yuwono 2007). Menurut Wicaksono, Rahayu & Samanhudi (2014), pemberian mikoriza mampu memberikan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk proses pertumbuhan tanaman bawang putih dan memperbaiki agregat tanah sehingga proses aliran massa berjalan lebih baik yang akhirnya berpengaruh pada berat brangkasan kering tanaman bawang putih. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk Mikola yang mengandung jamur mikoriza dan kompos Azolla dapat mengurangi pupuk kimia sintetis sebesar 40%. Pengurangan pupuk kimia sintetis ini dapat dimengerti karena peran dari jamur mikoriza yang dapat menambah penyerapan unsur hara P. Menurut Rosliani, Hilman & Sumarni (2009), pemberian mikoriza dan dosis pupuk P sebanyak 100 kg P_2O_5 /ha dapat meningkatkan ketersediaan unsur P pada tanaman mentimun. Seperti pendapat Olsen *et al.* (1999) yang menyatakan bahwa kadar P dalam jaringan tanaman cabai meningkat 45% dan keuntungan meningkat hingga 60%. Unsur hara P dalam pupuk Mikola mempunyai peran sebagai komponen struktur yang paling penting dalam molekul DNA, transfer energi dalam ATP, peran regulasi dari fosfat kimia sintetis (Marschner 1986) sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena P banyak terdapat di dalam sel tanaman. Pengurangan dosis pupuk kimia sintetis sebanyak 40% termasuk Urea sebagai sumber N juga akibat dari adanya kompos Azolla pada pupuk Mikola. Menurut Sudjana (2014), penggunaan Azolla sebagai pupuk organik dapat memberikan banyak keuntungan dari berbagai sudut, antara lain kebutuhan hara N yang selama ini disuplai oleh Urea dapat dikurangi, hal tersebut dapat berdampak pada penurunan biaya produksi tanaman sehingga dapat meningkatkan keuntungan. Dari segi perbaikan kualitas lahan pertanian, pupuk organik dapat memberikan efek positif terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga efek negatif terhadap tanah akibat dari penggunaan pupuk kimia sintetis dapat berkurang. Selanjutnya dinyatakan bahwa, bila dihitung dari berat keringnya dalam bentuk kompos (Azolla kering) mengandung unsur Nitrogen (N) 3 – 5%, Phosphor (P) 0,5 – 0,9% dan Kalium (K) 2 – 4,5K, sedangkan hara mikronya berupa Calcium (Ca) 0,4 – 1%, Magnesium (Mg) 0,5 – 0,6%, Ferum (Fe) 0,06 – 0,26% dan Mangan (Mn) 0,11 – 0,16%. Menurut

Tabel 3. Hasil analisis dengan *respon surface methodology* (RSM) terhadap variabel komponen hasil dan hasil bawang merah (*Analysis result with RSM on the component variable and shallot result*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Variabel Pengamatan (<i>Bulb volume</i>)				
	Bobot umbi segar per rumpun (<i>Fresh weight bulb per clump</i>), (g)	Bobot umbi kering per rumpun (<i>Dry weight bulb per clump</i>), (g)	Jumlah umbi per rumpun (<i>Bulb number per clump</i>)	Volume umbi (<i>Bulb volume</i>) mm ³	Bobot setiap umbi (<i>Weight per bulb</i>), g
H2K2	4,30	3,90	7,00	3,00	0,60
H2K4	12,60	11,40	10,70	13,00	1,10
H3K1	9,00	7,80	9,00	9,00	0,90
H3K2	10,40	9,10	9,00	13,00	1,00
H3K3	14,00	13,10	8,30	13,00	1,60
H3K3	6,60	5,60	6,30	4,50	0,90
H3K3	10,30	8,50	11,70	13,00	0,70
H3K3	10,70	9,00	9,00	10,00	1,00
H3K3	8,60	5,80	9,70	9,00	0,60
H3K5	7,60	6,60	9,00	6,50	0,70
H4K2	10,00	8,70	8,30	7,00	1,00
H4K4	10,50	9,10	8,00	8,50	1,10
H5K3	9,50	8,60	8,30	8,00	1,00
Hasil analisis (<i>Analysis result</i>)	Tidak nyata P>0,05	Tidak nyata P>0,05	Tidak nyata P>0,05	Tidak nyata P>0,05	Tidak nyata P>0,05

Yetti & Elita (2008), unsur K dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis dan kandungan klorofil pada daun serta meningkatkan pertumbuhan daun sehingga meningkatkan berat kering tanaman.

Komponen Hasil dan Hasil Bawang Merah

Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan pupuk Mikola dan pupuk kimia sintetis tidak berpengaruh nyata terhadap komponen hasil dan hasil bawang merah. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan manapun memberikan hasil yang sama, namun berdasarkan komponen pertumbuhan yang memberikan bobot tajuk optimal pada dosis pupuk Mikola sebanyak 15 g/tanaman dan pupuk kimia sintetis sebanyak 3 g/tanaman sehingga perlakuan yang layak dikembangkan adalah perlakuan dengan imperatif teknologi (input) terendah, yaitu H2K3. Secara definitif perlakuan H2K3 adalah pemberian pupuk Mikola dengan dosis 15 g per tanaman dengan pengurangan pupuk kimia sintetis sebanyak 40% dari dosis rekomendasi.

Pada awal pertumbuhan tanaman bawang merah membutuhkan unsur hara yang lebih banyak terutama unsur N yang terkandung dalam Azolla dan unsur P yang diberikan melalui jamur mikoriza untuk pertumbuhan tajuk tanaman. Hasil penelitian Gunawan (2014) menyatakan bahwa pupuk organik Azolla meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi dan hasil gabah

kering maksimal 56,35 g per tanaman dengan dosis pupuk organik Azolla optimal sebanyak 48,10 ton/ ha.

Pertumbuhan tajuk tanaman bawang merah kemudian diikuti oleh perkembangan pada fase pembentukan dan pembesaran umbi bawang merah. Aktivitas tajuk yang didominasi oleh daun bawang merah yang semakin tinggi akan memengaruhi penumpukan karbohidrat pada umbi sebagai hasil fotosintesis maksimal. Unsur K yang diserap tanaman mempunyai peran dalam membentuk dan mengangkut (translokasi) fotosintat sehingga meningkatkan hasil umbi, namun dalam hal ini peran K belum optimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Aplikasi pupuk Mikola (pupuk hayati mikoriza berbasis Azolla) dosis 15 g/tanaman dan pupuk kimia sintetis dosis 3 g/tanaman mampu meningkatkan pertumbuhan bobot kering tajuk tanaman, namun belum mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, bobot segar, dan bobot kering tanaman serta hasil bawang merah.

Aplikasi pupuk Mikola dengan dosis 15 g/tanaman mampu mengurangi pemakaian pupuk anorganik sebanyak 40% dari dosis rekomendasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Rektor Unsoed melalui LPPM Unsoed yang telah mendanai penelitian ini melalui Riset Unggulan Unsoed Tahun 2016, Dekan Fakultas Pertanian Unsoed yang telah memberikan ijin dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian, serta Marsella, Sella, Alfian, Idris, Fahri, Grasseka, atas kerjasamanya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adiyogo & W 1999, 'Pola pertumbuhan produksi beberapa jenis sayuran di Indonesia', *J. Hort.*, vol. 9, no. 3, pp. 258–265.
2. Asngad, A 2013, 'Inovasi pupuk organik kotoran ayam dan eceng gondok dikombinasi dengan bioteknologi mikoriza bentuk granul', *Jurnal MIPA*, vol. 36, no. 1, pp. 1–7.
3. Charisma, AM, Rahayu, YS & Isnawati 2012, 'Pengaruh kombinasi kompos Trichoderma dan mikoriza vesikular arbuskular (MVA) terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada media tanam tanah kapur', *Lentera Bio*, vol. 1, no. 3, pp. 111–116.
4. Elisabeth, DW, Santosa, M & Herlina, N 2013, 'Pengaruh pemberian berbagai komposisi bahan organik pada pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.)', *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 1, no. 3, pp. 2338–3976.
5. Gerdeman, JW & Nicolson, TH 1962, 'Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting', *Trans. British. Mycol. Soc.*, vol. 46, pp. 235–244.
6. Gunawan, I 2014, 'Kajian peningkatan peran Azolla sebagai pupuk organik kaya Nitrogen pada padi sawah', *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, vol. 14, no. 2, pp. 134–138.
7. Habte & M 1990, 'Strategies for the production of infected root-based VA mycorrhizal inocula', *Mycorrhiza News*, vol. 2, pp. 1–3.
8. Irfan, M 2013, 'Respon bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap zat pengatur tumbuh dan unsur hara', *Jurnal Agroteknologi*, vol. 3, no. 2, pp. 35–40.
9. Kormanik, PP & Mc Graw, AC 1982, 'Quantification on vesicular arbuscular mycorrhizae in plant roots', in *Methods and principles of mycorrhizal research*, The Am. Phytopath. Soc St. Paul, Himesota.
10. Marschner, RH 1986, *Mineral nutrition of higher plants*, Academic Press, London.
11. Murniningtyas, M 2016, *Perspektif pembangunan desa untuk kesejahteraan petani secara berkelanjutan*, Purwokerto.
12. Myers & RH 1971, *Response surface methodology*, Allyn and Boston, Inc., Boston.
13. Napitupulu, D & Winarto, L 2011, 'Pengaruh pemberian pupuk N dan K terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah', *J. Hort.*, vol. 21, no. 1, pp. 27–35.
14. Novriani 2010, 'Alternatif pengelolaan unsur hara P (Fosfor) pada budidaya jagung', *AgronomiS*, vol. 2, no. 3, pp. 42–49.
15. Nurmasiyah, Syafruddin & Sayuthi, M 2013, 'Pengaruh jenis tanah dan dosis fungi mikoriza arbuskular pada tanaman kedelai terhadap sifat kimia tanah', *Jurnal Agrista*, vol. 17, no. 3, pp. 103–110.
16. Olsen, JK, Schefer, JT, Edwards, DG, Hunter, WN, Galea, V & Hulter, LM 1999, 'Effects of network of mycorrhizae on Capsicum (*Capsicum annum*) grown in the field with five rates of applied phosphorus', *Aust. J. Res.*, vol. 50, pp. 239–252.
17. Paiman, A & Armando, YG 2010, 'Potensi fisik dan kimia lahan marjinal untuk pengembangan pengusahaan tanaman melinjo dan karet di Provinsi Jambi', *Akta Agrosia*, vol. 13, no. 1, pp. 89–97.
18. Rizqiani, N, Ambarwati, E & Yuwono, N 2007, 'Pengaruh dosis dan frekuensi pemberian pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) dataran rendah', *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, vol. 7, no. 1, pp. 43–53.
19. Rokhminarsi, E, Hartati & Suwandi 2007, 'Pertumbuhan dan hasil tomat ceri pada pemberian pupuk hayati mikoriza, azolla serta pengurangan pupuk N dan P', *Jurnal Penelitian dan Informasi Pertanian "Agrin"*, vol. 2, no. 1, pp. 92–102.
20. Rokhminarsi, E, Hartati & Utami, DS 2012, 'Identifikasi mikoriza spesifik lokasi lahan marjinal sebagai pupuk hayati dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan', *Agritrop, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, vol. 10, no. 1, pp. 12–19.
21. Rosliani, R, Hilman, Y & Sumarni, N 2009, 'Pemanfaatan mikoriza, bahan organik, dan fosfat alam terhadap hasil, serapan hara tanaman mentimun, dan sifat kimia pada tanah masam Ultisol', *J. Hort.*, vol. 19, no. 1, pp. 66–74.
22. Sagala, Y, Hanafiah, AS & Razali 2013, 'Peranan mikoriza terhadap pertumbuhan, serapan P dan Cd tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) serta kadar P dan Cd Andisol yang diberi pupuk fosfat alam', *Jurnal Online Agroekoteknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 487–500.
23. Simanjuntak, R, Sipayung, R & Meiriani 2015, 'Pengaruh BAP (6-Benzylaminopurine) dan pupuk Nitrogen terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.)', *Jurnal Online Agroekoteknologi*, vol. 3, no. 3, pp. 1023–1030.
24. Simarwata, T, Sumarni & Arief, D 2001, 'Optimalisasi rancang bangun teknologi pada pertanian organik (*organic farming*) dan pertanian ekologis terpadu (*integrated ecological farming system*)', *Makalah seminar penggunaan cendawan mikoriza dalam sistem pertanian organik dan rehabilitasi lahan kritis*, Bandung.
25. Sudjana, B 2014, 'Penggunaan Azolla untuk pertanian berkelanjutan', *Jurnal Ilmiah Solusi*, vol. 1, no. 2, pp. 78–81.
26. Syahputra, E, Fauzi & Razali 2015, 'Karakteristik sifat kimia subgrup tanah Ultisol di beberapa wilayah Sumatera Utara', *Jurnal Agroekoteknologi*, vol. 4, no. 1, pp. 1796–1803.
27. Utama, Firmia, D & Natanael, G 2015, 'Pertumbuhan dan serapan Nitrogen *Azolla microphylla* akibat pemberian Fosfat dan ketinggian air yang berbeda', *Agrologia*, vol. 4, no. 1, pp. 41–52.
28. Wicaksono, MI, Rahayu, M & Samanhudi 2014, 'Pengaruh pemberian mikoriza dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bawang putih', *Caraka Tani – Jurnal Ilmu Ilmu Pertanian*, vol. 29, no. 1, p. 35–43.
29. Widyanti, AS & Susila, AD 2015, 'Rekomendasi pemupukan kalium pada budidaya cabai merah besar (*Capsicum annum* L.) di Inceptisols Dramaga', *J. Hort. Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 65–74.
30. Yetti, H & Elita, E 2008, 'Penggunaan pupuk organik dan KCl pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.)', *Sagu*, vol. 7, no. 1, p. 13–18.
31. Yuwono, N 2009, 'Membangun kesuburan tanah di lahan marginal', *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, vol. 9, no. 2, pp. 137–141.