

TINGKAT EFISIENSI DAN EFEKTIVITAS PUPUK HAYATI DALAM MENSUBSTITUSI PUPUK NITROGEN DAN FOSFOR PADA TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.)

Efficiency and Effectiveness of the Application of Biofertilizer on Nitrogen and Phosphorus Substitution at the Maize (*Zea mays* L.)

M. Subandi¹⁾, Sofiya Hasani¹⁾, dan Wawan Satriawan¹⁾

¹⁾Jurusan Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Jl. A.H. Nasution 105 Bandung. 40614

Email: mhdsbandi@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi substitusi relatif pupuk hayati pada tanaman jagung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei - September 2015 di kebun percobaan Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK): A=tanpa pemupukan, B=100% NP, C=100% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, D=75% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, E=50% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, F=25% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, G=75% NP + pupuk hayati 100 kg ha⁻¹, H=50% NP + pupuk hayati 100 kg ha⁻¹, I=25% NP + pupuk hayati 100 kg ha⁻¹. Parameter pengamatan terdiri atas berat tongkol berkelobot, berat tongkol tanpa kelobot, berat 100 biji, hasil, *relative agronomi effectiveness* (RAE) dan efisiensi substitusi relatif (ESR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati pada dosis pupuk NP yang lebih rendah dari rekomendasi belum mampu meningkatkan semua parameter pertumbuhan dan hasil. Efektivitas pupuk hayati masih rendah (RAE<100%). Pemberian pupuk hayati 100 kg ha⁻¹ dapat mengefisienkan penggunaan pupuk NP sampai 17% pada tanaman jagung (ESR=17%).

Kata kunci: Efisiensi substitusi relatif (ESR), RAE, pemupukan, pupuk hayati.

ABSTRACT

The research aimed to determine the relative substitution efficiency rate of biofertilizer in maize. The research conducted in May-September 2015 at experimental garden of Padjadjaran University, Jatinangor, Sumedang. The experiment used randomized block design (RAK): A=without fertilization, B=100% NP, C=100% NP + biofertilizer 50 kg ha⁻¹, D=75% NP + biofertilizer 50 kg ha⁻¹, E=50% NP + biofertilizer 50 kg ha⁻¹, F=25% NP + biofertilizer 50 kg ha⁻¹, G=75% NP + biological fertilizer 100 kg ha⁻¹, H=50% NP + biofertilizer 100 kg ha⁻¹, I=25% NP + biological fertilizer 100 kg ha⁻¹. Parameter observations consist of, cobs weight with husk, cobs weight without husk, 100 seeds weight, yield, relative agronomic effectiveness (RAE) and relative substitution efficiency (RSE). The results showed that the biofertilizer at doses lower NP fertilizer of the recommendations have not been able to increase all parameters of the growth and yield. The effectiveness of biofertilizer remained low (RAE <100%). Application of biofertilizer of 100 kg ha⁻¹ can minimize the use of fertilizers NP until 17% in maize (ESR = 17%).

Key words : biofertilizer, fertilizer, relatif substitution efficiency (ESR)

PENDAHULUAN

Jagung merupakan bahan pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Pemanfaatan jagung semakin berkembang dari tahun ke tahun. Jagung tidak hanya sebagai bahan pangan manusia, tetapi jagung juga dimanfaatkan untuk industri pangan, dan pakan ternak.

Hal ini membuat permintaan jagung terus meningkat, terutama jagung untuk pakan. Ditjen Tanaman Pangan (2015) menyatakan bahwa kebutuhan jagung nasional pada tahun 2015 diprediksi meningkat menjadi 22 juta ton. Produksi jagung pakan pada tahun 2014 hanya 12,2 juta ton. Untuk itu pemerintah melakukan impor untuk memenuhi kebutuhan jagung.

Upaya peningkatan produksi jagung masih menghadapi berbagai kendala dan masalah, baik secara teknis maupun non teknis. Salah satu masalah tersebut berkaitan dengan praktek pemupukan. Sebagian besar petani belum menggunakan prinsip pemupukan sesuai rekomendasi sehingga produktivitas hasil tidak maksimal sesuai potensi (Ditjen Tanaman Pangan, 2015). Selain itu sering kali kegiatan pemupukan tidak didasari oleh kebutuhan hara tanaman dan ketersediaan hara dalam tanah.

Pemupukan yang berlebihan akan membuat kesuburan tanah berkurang dan pemupukan menjadi tidak efisien. Pemupukan nitrogen yang melebihi kebutuhan tanaman dapat menyebabkan terjadinya akumulasi nitrat dan pemberian fosfor yang terus-menerus setiap musim tanam mengakibatkan penimbunan residu pupuk P dan meningkatkan status P tanah (Gonggo, 2006; Kasno, 2009). Hal ini akan membuat tanah menjadi tidak sehat.

Penurunan kesuburan tanah dan efisiensi pemupukan menjadi perhatian beberapa pihak. Keadaan ini membuat adanya kesadaran untuk melakukan pemupukan yang berorientasi pada efisiensi dan pengurangan penggunaan bahan-bahan sintesis seperti pupuk anorganik. Upaya untuk mewujudkan hal tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk hayati (Adiwiganda.,2006)

Pupuk hayati yang terdiri atas satu jenis mikroba disebut pupuk hayati tunggal. Sedangkan pupuk hayati yang terdiri atas beberapa mikroba disebut pupuk hayati majemuk. Beberapa mikroba yang telah diproduksi dan dikomersialkan sebagai pupuk hayati majemuk di antaranya *Azospirillum lipoverum*, *Azotobakter beijerinckii*, *Aeromonas punctata* dan *Aspergillus niger*. *Azospirillum lipoverum* merupakan bakteri penambat N bebas Wachjar *et al.*, (2006). *Azospirillum lipoverum* dan *Azotobakter beijerinckii* merupakan bakteri penambat N bebas dan pemantap agregat tanah dan kedua jenis mikroba tersebut menghasilkan

sejumlah fitohormon seperti auksin, giberelin dan sitokinin (Sakthivel & Karthikeyan,2012)

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pupuk hayati yang berisi mikroba tersebut mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik sampai 50% pada beberapa tanaman pangan, perkebunan dan hortikultura di antaranya padi, jagung, teh, karet, sawit, tebu, dan kentang (Attitalla., 2010; Rosniawaty, *et al.*, 2007; Wachjar *et al.*, 2006). Perbedaan tersebut disebabkan perbedaan pendekatan dalam menentukan efisiensi pemupukan. Beberapa pendekatan untuk menilai efisiensi pemupukan telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya, diantaranya langsung membandingkan pertumbuhan dan hasil. Ada pula dengan menggunakan suatu formulasi seperti efisiensi agronomi, efisiensi serapan, *relative agronomic effectiveness* (RAE). Akan tetapi semua pendekatan tersebut belum menunjukkan nilai yang menggambarkan seberapa besar pengurangan pupuk anorganik oleh pupuk substitusi.

Jika efisiensi pemupukan mengacu pada kemampuan pupuk hayati mengurangi (substitusi) penggunaan pupuk anorganik, maka penggunaan istilah Efisiensi Substitusi Relatif (ESR) dapat digunakan. ESR dapat menunjukkan seberapa besar kemungkinan suatu pupuk dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik dengan konteks hasil yang sama pada pemupukan standar (rekomendasi).

Konsep pengurangan penggunaan pupuk anorganik mengacu pada kemampuan suatu pupuk substitusi untuk memberikan pertumbuhan dan hasil yang sama terhadap penggunaan pupuk anorganik rekomendasi. Terdapat beberapa hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pupuk substitusi mampu memberikan pertumbuhan dan hasil yang sama seperti pupuk standar (Lestari *et al.*, 2010; Muhawish & Razaq, 2009)

Untuk melihat perbandingannya, pupuk standar dapat dikurangi dosisnya dari 100% dan ditambah sejumlah pupuk

substitusi. Dengan asumsi bahwa setiap satu persen dosis pupuk standar menghasilkan satu satuan hasil, maka perbedaan hasil relatif antara pupuk yang diuji (dalam hal ini pengurangan pupuk + pupuk substitusi) terhadap hasil pupuk standar diakibatkan oleh pupuk substitusi. Hasil yang diakibatkan oleh pupuk substitusi tersebut menggambarkan berapa persen dosis pupuk anorganik yang tergantikan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pupuk hayati dan kombinasinya dengan pupuk NP terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung serta efektivitas dan efisiensi pemupukan pupuk hayati sehingga menjadi nilai substitusi pupuk N dan P.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2015 sampai September 2015 di kebun percobaan Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang. Jenis tanah tempat penelitian adalah inceptisols. Ketinggian tempat penelitian ±829 m di atas permukaan laut (dpl).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih jagung varietas Pertiwi-3, Urea, SP-36, KCl dan pupuk hayati. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bor tanah, higrotermometer, timbangan, kantong plastik, kertas label, cangkul, karung, dan meteran.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 9 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri atas: A=tanpa pemupukan, B=100% NP, C=100% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, D=75% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, E=50% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, F=25% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, G=75% NP + pupuk hayati 100 kg ha⁻¹, H=50% NP + pupuk hayati 100 kg ha⁻¹, I=25% NP + pupuk hayati 100 kg ha⁻¹. Pupuk standar 100% NP berdasarkan dosis kebutuhan tanaman jagung PCARRD (1986), yaitu 90 kg N dan 60 kg P atau

setara Urea 200 kg ha⁻¹ dan SP-36 150 kg ha⁻¹.

Parameter pengamatan terdiri atas parameter penunjang dan parameter utama. Parameter penunjang yaitu karakteristik tanah awal (fisik, kimia dan populasi mikroba tanah). Adapun parameter utama meliputi:

1. Berat Tongkol Berkelobot (g);
2. Berat Tongkol tanpa Kelobot (g);
3. Berat 100 Biji (g);
3. Hasil (ton ha⁻¹);
4. *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) dan Efisiensi Substitusi Relatif (ESR) yang dihitung dengan formulasi menurut Machay et al. (1984) sebagai berikut:

$$RAE = \frac{\text{Hasil pupuk yang diuji} - \text{kontrol}}{\text{hasil pupuk standar} - \text{kontrol}} \times 100\%$$

$$ESR = \frac{(\text{hasil pupuk yang diuji} - \text{kontrol}) (100\% - \% \text{pupuk yang diuji})}{(\text{hasil pupuk standar} - \text{kontrol})}$$

Hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (anova). Apabila berbeda nyata, maka data dianalisis lanjut dengan uji jarak berganda Duncan (DMRT) taraf pengujian α=5%.

Penelitian diawali dengan mengambil contoh tanah untuk dianalisis. Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan mengambil tanah sedalam 20 cm di 5 titik. Tanah pada setiap titik dicampur dan diambil 1 kg. Selanjutnya tanah dikeringanginkan dan diayak, selanjutnya contoh tanah dianalisis di laboratorium.

Lahan dibagi menjadi petak-petak percobaan sesuai perlakuan dan ulangan (27 petak). Satu petak percobaan berukuran 2,5 m x 1,6 m dengan jarak tanam 50 cm x 40 cm. Setiap petak percobaan terdiri atas 20 tanaman. Jarak antar petak adalah 50cm dan jarak antar kelompok adalah 1 m. Benih tanaman jagung ditanam sebanyak 2 biji per lubang tanam. Setelah berumur 1 minggu, tanaman dijarangkan menjadi 1 tanaman. Penanaman dilakukan dengan cara menugal tanah sedalam ± 3 cm dan ditutup kembali oleh tanah.

Aplikasi pupuk terdiri atas pupuk kandang, Urea, SP-36, KCl, dan pupuk hayati. Pupuk kandang diberikan sebagai

pupuk dasar, diberikan pada 1 minggu sebelum tanam. Urea, SP-36, KCl diberikan dalam dua tahap yaitu pada saat tanam (1/3 bagian) dan pada 20 hari setelah tanam (2/3 bagian). Pupuk diberikan di samping tanaman dengan cara dibenamkan. Adapun pupuk hayati diberikan satu kali yaitu pada 1 minggu setelah tanam (MST).

Pemeliharaan dilakukan diantaranya penyulaman, penyiangan, pembumbunan, penyiraman dan pengendalian hama dan penyakit tanaman. Pada saat tanaman umur 1 MST dilakukan penyulaman pada tanaman yang mati dan abnormal. Penyiraman dilakukan 2 kali sehari jika tidak hujan. Penyiangan dilakukan dengan membersihkan petak percobaan dari gulma.

Panen dilakukan saat tanaman matang fisiologis (± 110 hst). Matang

fisiologis pada jagung hibrida ditandai dengan mengerasnya tekstur biji. Panen dilakukan dengan memetik tongkol jagung satu persatu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah

Hasil analisis tanah awal (Tabel 1) menunjukkan bahwa pH (pH H₂O) masuk dalam kategori agak masam dengan nilai 6,29. Kandungan C-organik, N-total dan rasio C/N masuk dalam kategori rendah dengan nilai berturut-turut 1,57%, 0,20% dan 8. Kandungan fosfor baik P-total maupun P-tersedia masuk dalam kategori tinggi yaitu 53,10 mg 100 g⁻¹ tanah dan 14,66 ppm. Kandungan K tanah (K-total) rendah yaitu 13,77 mg 100 g⁻¹ tanah.

Table 1. Original Characteristic of Soil of Jatinangor, Sumedang

Parameter	Nilai	Kriteria
Kimia dan fisik tanah*		
pH H ₂ O	6,29	Agak masam
pH KCl	6,04	-
C-organik (%)	1,57	Rendah
N-total (%)	0,20	Rendah
C/N	8	Rendah
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	53,10	Tinggi
K ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	13,77	Rendah
P ₂ O ₅ Bray (ppm P)	14,66	Tinggi
Al-dd (cmol kg ⁻¹)	0	-
H-dd (cmol kg ⁻¹)	0	-
KTK (cmol kg ⁻¹)	25,06	Tinggi
Kejenuhan basa (%)	94,69	Sangat tinggi
Kejenuhan Al (%)	0	Sangat rendah
K-dd (cmol kg ⁻¹)	0,10	Rendah
Na-dd (cmol kg ⁻¹)	11,20	Sangat tinggi
Ca-dd (cmol kg ⁻¹)	8,00	Sedang
Mg-dd (cmol kg ⁻¹)	4,43	Tinggi
Tekstur		
Pasir (%)	10	
Debu (%)	52	Lempung liat berdebu
Liat (%)	38	
Populasi mikroba (cfu mL ⁻¹)**	74,75 x 10 ⁶	

* Laboratorium Kesuburan Tanah Universitas Padjadjaran

** Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang

*Soil Fertility Laboratory of Agriculture Faculty of Padjadjaran University

** Laboratory of Research Institute for Vegetable of Lembang

Kandungan Al-dd dan H-dd bernilai 0 cmol kg⁻¹. Kapasitas Tukar Kation sebesar 25,06 cmol kg⁻¹ masuk dalam kategori tinggi dan kejenuhan basa sangat tinggi yaitu 94,69%. Sedangkan kejenuhan Al bernilai 0 masuk dalam kategori sangat rendah. Kation-kation penyusun tanah memiliki kriteria dari sedang sampai tinggi. Kation yang masuk dalam kriteria sangat tinggi adalah Na-dd (11,20 cmol kg⁻¹ tanah). Sementara itu Mg-dd masuk dalam kriteria tinggi (4,43 cmol kg⁻¹ tanah) dan Ca-dd masuk dalam kriteria sedang (8,00 cmol kg⁻¹ tanah). Sedangkan K-dd merupakan kation dengan kriteria rendah dengan nilai sebesar 0,10 cmol kg⁻¹ tanah.

Hasil analisis mikroba tanah menunjukkan bahwa total mikroba aerob yang terkandung dalam tanah sebesar 74,75 x 10⁶ cfu mL⁻¹ (Lampiran 8). Jumlah mikroba ini dapat dikatakan cukup subur.

Menurut Purwani dan Saraswati (2012) tanah yang subur mengandung mikroba lebih dari 10⁶ cfu g⁻¹ tanah. Namun menurut Purwaningsih (2009), tanah yang subur mengandung mikroba lebih dari 10⁸ cfu g⁻¹ tanah. Sifat biologi tanah berkaitan dengan mikroba tanah. Mikroba tanah sangat penting karena mikroba memainkan peran dalam aliran energi dan siklus hara yang berkaitan erat dengan produksi tanaman

Berat Tongkol Berkelobot, Tongkol tanpa Kelobot, Berat 100 biji dan Hasil Jagung

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap berat tongkol tanpa kelobot (Tabel 3). Berat tongkol tanpa kelobot tertinggi diberikan oleh perlakuan B (100% NP) sebesar 130,2 g.

Tabel 2. Berat tongkol berkelobot, berat tongkol tanpa kelobot, berat 100 biji dan hasil tanaman jagung pada berbagai kombinasi pupuk NP dan pupuk hayati.

Perlakuan	Berat Tongkol Berkelobot	Berat Tongkol tanpa Kelobot	Berat 100 biji	Hasil
	--g--	--g--	--g--	--ton ha ⁻¹ --
A (tanpa pemupukan)	88,4 a	76,1 a	21,4 abc	2,74 a
B (100% NP)	145,2 c	130,2 c	25,0 c	4,59 c
C (100% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	132,4 bc	119,2 bc	22,6 abc	4,06 bc
D (75% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	101,9 ab	89,9 ab	22,4 abc	3,03 ab
E (50% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	90,9 a	80,2 a	20,2 ab	3,09 ab
F (25% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	92,0 a	80,4 a	21,0 abc	2,87 a
G (75% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	99,8 ab	88,5 ab	19,4 a	3,41 ab
H (50% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	103,9 ab	89,7 ab	24,0 bc	3,37 ab
I (25% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	100,9 ab	72,5 ab	21,8 abc	3,15 ab
Rata-rata	106,2	93,84	22,0	3,37
CV (%)	8,69	8,7	10,45	17,12

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Note : Average Figures followed with the same words at the same colonm are not significantly different at 5% level of DMRT.

Pola berat tongkol tanpa kelobot serupa dengan berat tongkol berkelobot dimana perlakuan B memberikan berat tongkol berkelobot tertinggi. Tongkol merupakan bagian dari buah jagung. Seperti pada parameter berat tongkol berkelobot, pupuk NP masih menjadi faktor yang paling berpengaruh. Tongkol masih dipengaruhi oleh suplai hara baik pada fase generatif maupun akibat pertumbuhan vegetatif.

Terlihat pula bahwa peran pupuk hayati masih belum terlihat jelas pada parameter berat tongkol. Hal ini karena peran mikroba dalam pupuk hayati dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik. C (bahan organik) merupakan sumber energi untuk mikroba.

Berat 100 Biji, Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap berat 100 biji jagung (Tabel 3). Perlakuan B (100% NP)

memberikan berat 100 biji tertinggi walaupun tidak berbeda nyata dengan kontrol (A).

Jika dibandingkan dengan pola berat tongkol berkelobot dan berat tongkol tanpa kelobot, berat 100 biji sedikit berbeda. Hanya perlakuan B (100% NP) yang konsisten memberikan berat tertinggi). Walaupun berat tongkol berkelobot, berat tongkol tanpa kelobot serta berat 100 biji merupakan komponen hasil, namun polanya tidak selalu sama untuk setiap perlakuan. Adapun kebernasan biji salah satunya dipengaruhi oleh jumlah biji per baris. Jumlah baris per tongkol biasanya dipengaruhi oleh genetik, sehingga jumlah baris cenderung tetap. Pada jagung varietas Pertiwi-3 jumlah baris per tongkol adalah 14-16 baris.

Berat 100 biji menunjukkan kebernasan suatu biji. Kebernasan suatu biji dipengaruhi oleh genetik dan lingkungan (terutama unsur hara). Kekurangan hara sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tongkol dan bahkan akan menurunkan jumlah biji dalam satu tongkol karena mengecilnya tongkol, yang akibatnya menurunkan hasil (McWilliams *et al.* 1999). Munawar (2011) juga mempertegas bahwa kekurangan N pada jagung dapat menyebabkan berkurangnya jumlah tongkol per satuan luas dan jumlah biji per tongkol. Ukuran biji kecil akibat kekurangan pasokan karbohidrat pada fase pengisian biji. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh terhadap hasil tanaman jagung. Hasil tertinggi diberikan oleh perlakuan B (100% NP) yaitu 4,59 ton ha⁻¹ (Tabel 3)

Jika dibandingkan dengan produktivitas jagung nasional, maka hasil semua perlakuan masih lebih rendah. Produktivitas jagung nasional tahun 2014 adalah 4,9 ton ha⁻¹. Hanya perlakuan B (100% NP) dan C (100% NP + 50 kg ha⁻¹) yang tidak berbeda jauh dengan produktivitas jagung nasional. Hal ini berarti substitusi pupuk anorganik belum maksimal. Artinya perlu usaha lebih untuk

mengefektifkan pengurangan pupuk anorganik. Pemupukan yang spesifik lokasi mutlak diperhatikan. Hal ini karena keberhasilan dari suatu teknologi (termasuk pemupukan) bergantung keadaan lokasi.

Pemupukan sering menjadi faktor pembatas utama yang mempengaruhi hasil jagung. Berdasarkan hasil pipilan jagung yang didapat, pemberian 100% NP (200 kg Urea + 150 kg SP-36) masih dianggap sebagai dosis pupuk yang minimal agar hasil optimal. Pengelolaan hara baik dalam tanah dan pemupukan menjadi penting.

Untuk menghasilkan biji sebanyak 9,45 ton ha⁻¹ dibutuhkan N sebanyak 128 kg ha⁻¹. Menurut Setiawati (2014), rendahnya bahwa organik akan mengakibatkan kenaikan dosis pupuk anorganik tetapi tidak memberikan kenaikan hasil yang signifikan. N merupakan faktor yang paling menentukan terhadap hasil jagung. N menjadi pembatas utama produksi jagung di lahan kering (Sonbai *et al.*, 2013)

Peningkatan N dapat meningkatkan hasil biji per hektar. Pemberian pupuk N 225 kg ha⁻¹ meningkatkan hasil biji sampai 12,7 ton ha⁻¹ (Efendi dan Suwardi, 2010). Hasil penelitian Tabri (2010) menunjukkan bahwa pemupukan fosfor dan kalium tanpa N hasilnya tidak berbeda nyata dengan kontrol (tanpa pemupukan), sedangkan pemupukan fosfor dan kalium yang ditambah N hasilnya berbeda nyata dengan kontrol. Jumlah baris biji dan jumlah biji serta bobot biji yang dihasilkan akan menentukan produksi biji pipilan yang dihasilkan baik secara kualitas maupun kuantitas.

Menurut Takdir *et al.* (1998), hasil biji jagung dipengaruhi oleh interaksi antara genotip dengan lingkungan. Kemampuan produksi tanaman jagung merupakan resultan dari beberapa faktor komponen produksi seperti jumlah baris biji dan berat biji yang dihasilkan yang digambarkan pada hasil akhir berupa produksi biji pipilan kering.

Peran pupuk hayati dalam penelitian ini dianggap masih belum memberikan pengaruh terhadap hasil pipilan jagung. Walaupun potensi mikroba yang ada dalam pupuk hayati cukup besar. Azotobacter mampu menghasilkan substansi pemacu tumbuh seperti auksin dan giberelin dan. Selain Azotobacter, Azospirillum juga menghasilkan IAA yang memacu pertumbuhan akar dan rambut akar sehingga daerah serapan hara diperluas. Azospirillum juga menghasilkan vitamin berupa tiamin, niasin dan pantotenik yang bersinergi dengan auksin dalam memacu pertumbuhan dan produksi tanaman (Surtiningsih & Mariam. 2011; Setiawati. 2014).

Relative Agronomic Effectiveness (RAE) dan Efisiensi Substitusi Relatif (ESR)

RAE adalah persentase kenaikan hasil penggunaan suatu pupuk dibandingkan dengan persentase hasil pada penggunaan pupuk standar atau rekomendasi. RAE menunjukkan seberapa efektif pupuk yang diberikan dibandingkan dengan pupuk standar. Nilai RAE

penggunaan pupuk standar adalah 100%, sehingga penggunaan pupuk dikatakan efektif jika nilai RAE lebih dari 100%. Hasil perhitungan (Tabel 4) menunjukkan bahwa nilai RAE pada perlakuan D sampai I lebih rendah dari perlakuan dosis pupuk standar B (100% NP). Hal tersebut menandakan bahwa efektivitas pupuk hayati masih rendah, baik penggunaan pupuk hayati 50 kg ha⁻¹ maupun 100 kg ha⁻¹.

Efektivitas pupuk hayati ditentukan oleh efektivitas mikroba dalam pupuk hayati dan faktor tanaman serta lingkungannya. Efektivitas mikroba dipengaruhi faktor lingkungan seperti bahan organik tanah, suhu, aerasi dan air tanah. Namun lingkungan yang optimal pun belum menjamin efektivitas mikroba dapat tinggi. Glick *et al.* (2007) menyatakan bahwa efektivitas mikroba sering tidak jelas sekalipun tanaman berada dalam keadaan optimum dan bebas stres. Kepadatan sel mikroba menjadi faktor lain yang turut menentukan efektivitas mikroba. Kepadatan sel inokulan berkaitan dengan daya hidup dan daya saing dengan mikroba alami.

Table 3. RAE (Relative Agronomic Effectiveness) and RSE (Relative Substitution Efficiency) of Maize at Various Nitrogen and Phosphorous Fertilizers Combinations and Biofertilizer

Perlakuan	Hasil --ton ha ⁻¹ --	RAE --%--	ESR --%--
A (tanpa pemupukan)	2,74 a	76,1	21,4
B (100% NP)	4,59 a	130,2	25,0
C (100% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	4,06 a	119,2	22,6
D (75% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	3,03 a	89,9	22,4
E (50% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	3,09 a	80,2	20,2
F (25% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	2,87 a	80,4	21,0
G (75% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	3,41 a	88,5	19,4
H (50% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	3,37 a	89,7	24,0
I (25% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	3,15 a	72,5	21,8

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT.

Note : Average Figures followed with the same words at the same colonm are not significantly different at 5% level of DMRT.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa RAE pupuk NP standar pada hasil tanaman jagung selalu lebih baik dari pada RAE pada dosis pupuk NP yang lebih rendah, walaupun dikombinasikan dengan bermacam-macam

pupuk substitusi seperti pupuk hayati dan pupuk organik (Elsanti & Kosman, 2013; Tuberkih dan Sipahutar, 2010; Franzini *et al.*, 2009; Hellal *et al.*, 2013; Surtiningsih & Mariam, 2011). Hal ini menandakan bahwa efektivitas pupuk hayati perlu ditingkatkan

dengan meminimalisasi faktor penghambat mikroba. Tabel 4. EAR (Efektivitas Agronomi Relatif) dan ESR (Efisiensi Substitusi Relatif) tanaman jagung pada berbagai kombinasi pupuk NP dan pupuk hayati.

Efisiensi Substitusi Relatif merupakan kemampuan suatu pupuk untuk menyubstitusi pupuk anorganik. ESR menunjukkan berapa besar kemungkinan suatu pupuk dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik dengan hasil yang sama. Jadi ESR menyatakan seberapa besar kemampuan pupuk hayati dalam mengurangi penggunaan pupuk N dan P. ESR dinyatakan dengan persen (%). Nilai ESR tertinggi dalam penelitian ini diberikan oleh perlakuan H (50% NP + pupuk hayati 100 kg ha⁻¹).

Berdasarkan Tabel 4. terlihat bahwa nilai ESR perlakuan G, H dan I lebih besar dari perlakuan D, E dan F. Hal ini berarti penggunaan pupuk hayati 100 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan nilai ESR dibandingkan dengan pupuk hayati 50 kg ha⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa dosis pupuk hayati 100 kg ha⁻¹ lebih efisien dalam mengurangi penggunaan pupuk NP.

Lebih efisiennya penggunaan pupuk hayati dosis 100 kg ha⁻¹ disebabkan karena lebih banyaknya kemungkinan sel mikroba yang hidup. Pada lingkungan tumbuh yang tertekan seperti pada tanah tempat penelitian kepadatan populasi menjadi pembeda terhadap hasil tanaman. Dosis pupuk hayati yang rendah berarti menunjukkan jumlah sel mikroba yang hidup lebih rendah. Sedikitnya jumlah mikroba mengakibatkan kerja mikroba tidak akan berjalan dengan baik karena tertekan oleh lingkungan. Sebaliknya dosis pupuk hayati yang lebih tinggi memungkinkan sel mikroba yang hidup lebih banyak walaupun pada lingkungan tumbuh yang kurang sesuai. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Attitalla et al., (2010); Elsanti dan Kosman, (2013); Tania et al., (2012); dan Yusron, (2009) bahwa kepadatan sel mikroba dan dosis pupuk hayati merupakan dua hal yang harus saling sinergi agar efisiensi penggunaan

pupuk anorganik maksimal. Hal ini berkaitan dengan kemampuan mikroba dalam berinteraksi dengan faktor abiotik (lingkungan) dan organisme lain (mikroba lokal (alami) dan tanaman).

Kepadatan sel inokulan berkaitan dengan daya hidup dan daya saing dengan mikroba alami. Adapun dosis pupuk hayati menjadi perhatian karena berkaitan dengan jumlah mikroba yang dapat bertahan hidup, sehingga berpengaruh terhadap hasil dan efisiensi pupuk. Beberapa hasil penelitian lain menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk hayati meningkatkan hasil tanaman yang diawali dengan meningkatnya tingkat fotosintesis Leskona (2013) menyatakan peningkatan proses fotosintesis akan meningkatkan jumlah daun dan organ vegetatif lainnya yang akhirnya meningkatkan hasil tanaman (jagung).

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian pupuk hayati pada dosis pupuk NP yang lebih rendah dari rekomendasi (Urea 200 kg ha⁻¹ + SP-36 150 kg ha⁻¹) belum mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, berat tongkol berkelobot, berat tongkol tanpa kelobot, berat 100 biji dan hasil pipilan jagung. Efektivitas pupuk hayati pada tanaman jagung masih rendah (RAE < 100%) pada dosis NP yang lebih rendah dari rekomendasi. Pemberian pupuk hayati 100 kg ha⁻¹ dapat mengefisienkan penggunaan pupuk NP sampai 17% pada tanaman jagung.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada semua pihak yang terlibat baik langsung maupun tidak langsung dalam penelitian. Terimakasih Kepada Kepala Pengelola Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Unpad.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda, Y., B. Tarigan dan B. Purba. 2006. Effect of Biofertilizer on Mature Oil Palm in North Sumatra and Riau . Indonesian J. of Agriculture Science 7 (1):20-26.
- Attitalla, I.H., A.M. Alhasin, M.A. Nasib, A.H. Ghazali, L. Zakaria, H.M. Jais, I. A.A. Balal, and B. Salleh. 2010. Occurrence and Microbiological Characteristic of Azospirillum Strains Associated with Leguminous and Non-Leguminous Plant in Al Jabal Al Akhdar Eco-Region, Libya. J. Agric. & Environ. Sci. 8 (6):617-625.
- Ditjen. Tanaman Pangan. 2015. Pedoman Teknis GP-PTT Jagung 2015. Diakses 12-05-2015 (<http://pangan.pertanian.go.id>)
- Efendi, R. dan Suwardi. 2010. Respons Tanaman Jagung Hibrida terhadap Tingkat Takaran Pemberian Nitrogen dan Kepadatan Populasi. Prosiding Pekan Serealia Nasional 2010. Hal. 260-265. ISBN : 978-979-8940-29-3.
- Elsanty dan E. Kosman. 2013. Efektivitas Pupuk Hayati BF2 terhadap Produksi Biomassa Tanaman Caisim (*Brassica sp.*). Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian RI. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Ramah Lingkungan 2013. Hal. 139-146.
- Franzini, V. I., T. Muraoka dan F. L. Mendes. 2009. Ratio and Rate Effect of ³²P-Triple superphosphate and Phosphate Rock Mixture on Corn Growth. J. Sci. Agric. 66 (1): 71-76
- Glick, B.R., B. Todorovic, J. Czarny, Z. Cheng, and J. Duan. 2007. Promotion of Plant Growth by Bacterial ACC Deaminase. J. Crit. Rev. in Plant Sci. 26 (5-6):227-242.
- Gonggo, B., M. Hasanuddin dan Y. Indriani. 2006. Peran Pupuk N dan P Terhadap Serapan N. J. Ilmu Ilmu Pertanian Indonesia, 8 (1):61-68.
- Hellal, F. A. Z., F. Nagumo and R. M. Zewainy. 2013. Influence of Phosphocompost Application on Phosphorus Availability and Uptake by Maize Grown in Red Soil Ishigaki Island, Japan. J. Agricultural Science, 4 (2): 102-109. Diakses 13 Juli 2015 (<http://dx.doi.org/10.4236/as.2013.42016>)
- Kasno, A. 2009. Respons Tanaman Jagung terhadap Pemupukan Fosfor pada Typic Dystrudepts. J. Tanah Crop, 14 (2): 111-118. ISSN 0852-257X .
- Leskona, D., R. Linda dan Mukarlina. 2013. Pertumbuhan Jagung (*Zae mays L.*) dengan Pemberian *Glomus Aggregatum* dan Biofertilizer pada Tanah Bekas Pertambangan Emas. J. Protobiont, 2(3):176-180.
- Lestari, A.P., S. Sarman, E. Indraswari. 2010. Substitusi Pupuk Anorganik dengan kompos Sampah Kota pada Tanaman Jagung Manis (*Zae mays saccharata* Sturt). J. Penelitian Universitas Jambi Seri Sains, 2(2):1-6.
- Machay, A.D.J.K. Syers, and P.E.H. Gregg. 1984. Ability of chemical extraction procedures to assess the agronomic effectiveness of phosphate rock material. New Zealand. J. of Agricultural Research, 27(1): 219-230
- Muhawish, N. M., I. B. Razaq. 2009. Agronomic Effectiveness of A New Formula of Phosphate Fertilizer I-Initial Agronomic Effectiveness. J. of Tikrit University of Agricultural Sciences, 9 (2):617-625
- Quansah, G. W. 2010. Effect of Organic and Inorganic Fertilizers and Their Combinations on The Growth And Yield of Maize in The Semi-Deciduous Forest Zone of Ghana. Thesis. Kwame Nkrumah University Of Science And Technology, Ghana. Diakses 25 Mei 2015. (<http://hdl.handle.net/123456789/151>).
- Rosniawaty, S., I. Ratnadewi, dan R. Sudirja. 2007. Pengaruh Pupuk Organik dan Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Kultivar Upper Amazone Hybrid. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian. Universitas Padjadjaran. 41 hal. Diakses 16 Mei 2015. (<http://pustaka.unpad.ac.id/wp->

- content/uploads/2009/06/laporan_akhir_intani_dipa_2007.pdf)
- Sakthivel, U. & Karthikeyan, B. 2012. Isolation and Characterization of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) from Rhizosphere of *Coleus Forskohlii* Grown Soil. *Intr. J. of Recent Scientific Research* . 3 (5):288-296
- Setiawati, M. R. 2014. Peningkatan Kandungan N dan P Tanah serta Hasil Padi Sawah Akibat Aplikasi *Azolla Pinnata* dan Pupuk Hayati *Azotobacter Chroococcum* dan *Pseudomonas cepaceae*. *Agrologia*, 3 (1): 61-74.
- Sonbai, J. H. H., D. Prajitno dan A. Syukur. 2013. Pertumbuhan dan Hasil Jagung pada Berbagai Pemberian Pupuk Nitrogen di Lahan Kering Regosol. *J. Ilmu Pertanian* 16 (1): 77 – 89.
- Surtiningsih, T & S. Mariam. 2011. Efektivitas Campuran Pupuk Hayati dengan Pupuk Kimia pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada Bokor (*Lactuca sativa* L.) var *Crispa*. *J. Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* 14 (2): 4-8
- Tabri F. 2010. Pengaruh Pupuk N, P, K terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Hibrida dan Komposit pada Tanah Inseptisol. Endoaquepts Kabupaten Barru Sulawesi Selatan. *Prosiding Pekan Serealia Nasional 2010*.
- Takdir A., R. N. Iriany, M. Dachlan, F. Kasim dan A. Barata. 1998. Stabilitas hasil beberapa genotipe hibrida jagung harapan. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain*. 1 (4) : 7–14.
- Tania, N., Astina dan S. Budi. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Semi Pada Tanah Podsolk Merah Kuning. *J. Sains Mahasiswa Pertanian*, 1 (1): 10-15 . Diakses 12 Mei 2015 (www.junal.untan.ac.id)
- Tuberkih, E. dan I. A. Sipahutar. Pengaruh Pupuk NPK Majemuk (16:16:15) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Inceptisol. *Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan Pertanian*. Bogor 30 November – 1 Desember 2010. Hal. 77-90. Balittanah, Balitbang Pertanian.
- Wachjar, A., Supijatno dan D Rubiana. 2006. Pengaruh Beberapa Jenis Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan Dua Klon Tanaman Teh (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze) Belum Menghasilkan. *Bul. Agron*. 34 (3): 160 – 164
- Yusron, M. 2009. Respon Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza* Roxb) terhadap Pemberian Pupuk Bio pada Kondisi Agroekologi yang Berbeda. *J. Sains Mahasiswa Pertanian*, 15 (4) 162-167