

Tingkat Efisiensi dan Efektifitas Pupuk Hayati dalam Mensubstitusi Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada Tanaman Jagung

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

Wawan Satriawan*(wsatriawan30@yahoo.co.id); SofiyaHasani**,

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

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 tinggi tanaman, jumlah daun, 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 (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 plant height, number of leaves, 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

Subandi (2012) mengatakan *“Even if the we get over the present crisis, future crisis are likely to be much more severe. Expensive food or severe food shortages will topple governments unrests will follow, and the life of religious may be shaken, the faith may lose as Prophet Muhammad saying:*

رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ أَنَّهُ كَانَ يَقُولُ اللَّهُمَّ إِنِّي أَعُوذُ بِكَ مِنَ الْكُفْرِ
وَالْفَقْرِ فَقَالَ رَجُلٌ وَيَعْدِلَانِ قَالَ نَعَمْ

Kekurangan bahan makanan demikian hebat dampaknya, sehingga perludilakukan upaya peningkatan produksi bahan pangan.

Jagung merupakan bahan pangan kedua setelah beras yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Jagung memiliki karbohidrat yang cukup untuk kebutuhan tubuh. Jagung memiliki kandungan protein (9,5%), lebih tinggi dibandingkan beras (7,4%). Jagung memiliki sejumlah vitamin atau zat yang berfungsi spesifik seperti beta-karoten dan xantofil. Aini (2013) menyatakan bahwa jagung memiliki indeks glikemik yang relatif rendah (baik untuk penderita diabetes). Keunggulan spesifik inilah yang membuat jagung sering dijadikan pangan fungsional.

Pemanfaatan jagung semakin berkembang dari tahun ke tahun. Jagung tidak hanya sebagai bahan pangan, tetapi jagung juga dimanfaatkan untuk industri pangan, pakan, farmasi, dan bioenergi. 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. Sementara menurut Subagyo (2014), kebutuhan jagung pakan tahun 2014 sebesar 14,7 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. menyatakan bahwa pemupukan nitrogen yang melebihi kebutuhan tanaman dapat menyebabkan terjadinya akumulasi nitrat (Widowati, 2009). Sementara itu pemberian fosfor yang terus-menerus setiap musim tanam mengakibatkan penimbunan residu pupuk P dan meningkatkan status P tanah (Kasno,2009). Hal ini akan membuat tanah menjadi tidak sehat.

Dalam pertanian yang memanen sejumlah besar massa (hasil generative & bulk vegetative) banyak hara yang terangkut keluar dari lahan perlu dilakukan pemupukan sebagaimana pendapat Subandi (2012c) "*Applying fertilizer is a must in agronomic point of view, specially in soil with less fertile due to scarce nutrients or unbalanced nutrition. Voluminous biomass harvested from ramie shrub has consumed a large amount of nutrients from soil*"

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 sintetis seperti pupuk anorganik. Upaya untuk mewujudkan hal tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk hayati.

Pupuk hayati merupakan kumpulan satu atau lebih jenis mikroba yang memiliki karakter fungsional, disatukan dalam bahan pembawa dan ditujukan sebagai pupuk. 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. *Azotobakter beijerinckii* merupakan bakteri penambat N bebas dan pemantap agregat tanah. *Aeromonas punctata* merupakan bakteri pelarut fosfat dan pemantap agregat tanah. Adapun *Aspergillus niger* merupakan fungi pelarut fosfat (Goenadi, 1997).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pupuk hayati yang berisi keempat 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 (Goenadi *et al.*, 2005;Rosniawaty, *et al.*, 2007; Wachjar *et al.*,

2006). Akan tetapi beberapa hasil penelitian lain pada tanaman yang sama justru berbeda dimana pupuk hayati tidak nyata terhadap pengurangan pupuk anorganik dan pertumbuhan serta hasil tanaman (Husen, 2009).

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).

Hasil pada pupuk anorganik dan pupuk substitusi terlebih dahulu dikurangi dengan hasil pada kondisi alami (tanpa pemupukan). Hal ini untuk melihat dengan jelas hasil yang dipengaruhi oleh pupuk hayati dan pupuk anorganik. 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. ESR dapat dinyatakan dalam bentuk:

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

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. Tujuan ini sesuai dengan pola pokok pemikiran pendidikan sains di UIN sebagaimana disebutkan Subandi (2012a) *Scientific approval describing verses of Qur'an are phenomenal among scientists. There are very clear and positive and undeniable to contemplate then to investigate the natural occurrence around us. The purpose of*

establishing an educational system inspired by the Holy Qur'an and the Sunnah is in the tune with modern educational development and concepts. Islamic scientific education development in UINs bring a new scientific paradigm. Diharapkan dengan penelitian ini akan diperoleh manfaat yang besar bagi

Dari penelitian ini diharapkan akan menghasilkan temuan atau bagian dari agroteknologi/biologi terapan yang bermanfaat, sebagaimana disebutkan oleh Subandi (2005) hasil kajian seorang biologiawan muslim yang shaleh akan menghasilkan sains dan teknologi yang bermanfaat bagi umat.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei-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. tinggi tanaman (cm)
2. jumlah daun (helai)
3. berat tongkol berkelobot (g)
4. berat tongkol tanpa kelobot (g)
5. berat 100 biji (g)

6. hasil (ton ha⁻¹)

7. *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) (Machay et al. 1984)

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

8. Efisiensi Substitusi Relatif (ESR)

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

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

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.

Pengolahan tanah dilakukan dengan mencangkul tanah agar aerasi dan drainase baik. 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. Penyiangan dilakukan 1 minggu sekali. Pembumbunan dilakukan pada saat penyiangan. Pengendalian hama dan penyakit tanaman dilakukan dengan memantau tanaman setiap hari.

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 100g⁻¹ tanah.

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.

Dilihat dari sifat fisik tanah yaitu tekstur, tanah memiliki tekstur lempung liat berdebu. Kandungan pasir tanah sebesar 10%. Kandungan debu tanah sebesar 52%. Sementara kandungan liat tanah sebesar 38%.

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 10^6 cfu g^{-1} tanah. Namun menurut Purwaningsih (2009), tanah yang subur mengandung mikroba lebih dari 10^8 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 (Hanafiah *et al.*, 2005).

Tinggi Tanaman

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman (Tabel 2). Perlakuan G (75% NP + pupuk hayati 100 kg ha^{-1}) memberikan tinggi tanaman tertinggi pada 2 MST dan 4 MST berturut-turut sebesar 53,42 cm dan 88,25 cm. Sementara pada 6 MST, tinggi tanaman tertinggi diberikan oleh perlakuan C (100% NP + pupuk hayati 50 kg ha^{-1}) sebesar 151,33 cm.

Tabel 1. Karakteristik tanah awal Jatinangor, Sumedang
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})**	$74,75 \times 10^6$	

* 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

Peningkatan tinggi tanaman terjadi seiring peningkatan dosis pupuk NP. Hal ini menandakan bahwa pertumbuhan jagung masih tergantung pada suplai hara. Pemberian NP 100% (Urea 200 kg ha⁻¹ + SP-36 150 kg ha⁻¹) masih lebih baik dibandingkan dengan dosis NP yang lebih rendah. Hasil ini didukung oleh hasil penelitian Husen (2009) yang menyatakan bahwa semakin tinggi dosis pupuk NPK akan semakin meningkatkan tinggi tanaman. Dalam penelitian tersebut dosis 100% rekomendasi (N 90 kg ha⁻¹, P 60 kg ha⁻¹, K 60 kg ha⁻¹) memberikan tinggi tanaman tertinggi daripada dosis yang lebih rendah.

Peran pupuk hayati dalam meningkatkan tinggi tanaman tidak nampak nyata dibandingkan dengan pupuk standar (100% NP). Begitu pula kenaikan dosis pupuk hayati tidak meningkatkan tinggi tanaman secara signifikan. Peningkatan tertinggi hanya 10% yaitu dari perlakuan F (25% NP + pupuk hayati 50 kg ha⁻¹) ke perlakuan I (25% NP + pupuk hayati 100 kg ha⁻¹) pada 4 MST.

Tabel 2. Tinggi tanaman dan jumlah daun pada tanaman jagung pada berbagai kombinasi pupuk NP dan pupuk hayati.
Table 2. Height of Plant and Leaf Number of Maize at Various Nitrogen and Phosphorous Fertilizer Combinations and Biofertilizer.

Perlakuan	Tinggi Tanaman			Jumlah Daun		
	2 MST	4 MST	6 MST	2 MST	4 MST	6 MST
	--cm--			--helai--		
A (tanpa pemupukan)	35,67 a	59,33 a	111,58 a	4,75	8,92	12,00
B (100% NP)	49,00 bc	73,92 bc	144,67 cd	5,25	9,92	12,
C (100% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	51,50 bc	87,17 d	151,33 d	5,42	9,67	12,25
D (75% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	49,33 bc	81,83 cd	129,83 bc	5,08	9,33	12,08
E (50% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	46,92 b	79,00 cd	128,75 bc	4,75	8,83	11,92
F (25% NP + pupuk hayati 50 kg ha ⁻¹)	38,75 a	66,50 ab	111,83 a	4,58	9,33	11,75
G (75% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	53,42 c	88,25 d	140,42 cd	5,42	9,25	11,92
H (50% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	46,42 b	79,83 cd	135,67 cd	4,83	8,83	11,83
I (25% NP + pupuk hayati 100 kg ha ⁻¹)	38,33 a	73,17 bc	114,50 ab	4,83	9,33	11,83
Rata-rata	45,48	76,56	129,84	4,99	9,27	12,03
CV (%)	7,34	8,46	7,84	8,69	8,62	7,55

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.

Peran pupuk hayati dipengaruhi oleh kondisi tanah, seperti bahan organik. Bahan organik tanah dalam penelitian ini masih rendah (C-organik 1,57%). Rendahnya bahan organik dapat menghambat aktivitas mikroba (Widowati, 2009), sehingga menghambat proses penyediaan hara (Rosniawaty *et al.*, 2007). Bahan organik merupakan sumber energi bagi mikroba. Ketersediaan energi dari bahan organik menentukan aktivitas

mikroba heterotrof seperti *Azotobacter* (Setiawati, 2014). Energi diperoleh dari pemecahan karbohidrat dalam bahan organik menjadi senyawa berenergi yaitu ATP.

Selain itu peran pupuk hayati dipengaruhi oleh kemampuan mikroba untuk bersaing dengan mikroba lokal. Menurut Setiawati (2014) aktivitas penambatan N₂ oleh mikroba bergantung pada kemampuan bersaing dengan mikroba lain.

Jumlah Daun

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun (Tabel 2). Rata-rata jumlah daun pada 2, 4, dan 6 MST berturut-turut sebesar 4,99, 9,27 dan 12,03 helai.

Pengaruh tidak nyata dari berbagai perlakuan diduga disebabkan oleh pengaruh genetik lebih dominan terhadap parameter jumlah daun. Gardner *et al.* (2008) menyatakan bahwa jumlah daun pada tanaman dipengaruhi oleh genotip dan lingkungan. Namun, pengaruh genetik yang kuat membuat pertumbuhan daun menjadi kurang jelas (Martoyo, 2001). Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Pandia *et al.* (2013) menunjukkan bahwa varietas berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman jagung. Sementara pengaruh pupuk dan interaksinya dengan varietas tidak berbeda nyata.

Penambahan pupuk hayati sebetulnya berpotensi meningkatkan jumlah daun dengan cara pemanjangan batang. Proses pemanjangan batang dipengaruhi oleh hormon auksin (IAA) dan giberelin (Rao, 2007). Auksin bekerja dalam merangsang pemanjangan sel dan giberelin merangsang pertumbuhan antar buku (Gardner *et al.*, 2008). Bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* menghasilkan hormon auksin dan giberelin (Hanafiah *et al.*, 2005), yang dibutuhkan dalam proses pemanjangan batang tersebut. Namun efektivitas mikroba yang rendah menyebabkan pengaruh pupuk hayati terhadap jumlah daun tidak nampak jelas dan tertutupi oleh faktor genetik.

Berat Tongkol Berkelobot

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap berat tongkol berkelobot (Tabel 3). Perlakuan B (100% NP) memberikan berat tongkol berkelobot tertinggi sebesar 145,2 g

Tabel 3. Berat tongkol berkelobot, berat tongkol tanpa kelobot, berat 100 biji dan hasil tanaman jagung pada berbagai kombinasi pupuk NP dan pupuk hayati.

Table 3. Cob Weight with and without Cob Leaves, Weight of 100 Beans and Yield of Maize at Various Nitrogen and Phosphorous Fertilizer Combinations and Biofertilizer.

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.

Berdasarkan Tabel 3. terlihat bahwa hanya perlakuan B dan C yang berbeda nyata dengan kontrol (A). Pemberian pupuk NP dibawah 100% dan kombinasinya dengan pupuk hayati belum mampu meningkatkan berat tongkol berkelobot secara nyata terhadap kontrol. Terdapat kecenderungan bahwa berat tongkol berkelobot pada pemberian pupuk hayati 100 kg ha⁻¹ lebih tinggi daripada pemberian pupuk hayati 50 kg ha⁻¹, walaupun tidak berbeda nyata. Tania *et al.* (2012) menunjukkan hal serupa bahwa kenaikan dosis pupuk hayati diikuti dengan kenaikan bobot tongkol jagung walaupun tidak berbeda nyata.

Penyebab pengaruh yang tidak berbeda nyata antara pemberian pupuk hayati 50 kg ha⁻¹ dan 100 kg ha⁻¹ diduga sama, yaitu efektivitas keempat mikroba dalam pupuk hayati. Aktivitas keempat mikroba dalam pupuk hayati (*Azospirillum lipoverum*, *Azotobakter beijerinckii*, *Aeromonas punctata*, dan *Aspergillus niger*) dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik dan kemampuan bersaing dengan mikroba lokal. Aktivitas penambatan N₂ oleh mikroba bergantung pada kemampuan bersaing dengan mikroba lain (Setiawati, 2014).

Berat tongkol berkelobot merupakan gambaran seberapa efisien perubahan hara menjadi bagian organ generatif, yaitu buah jagung. Pembentukan tongkol dipengaruhi oleh proses sebelumnya yaitu pertumbuhan organ vegetatif. Banyaknya ruas yang terbentuk akibat pemanjangan batang dan pertambahan jumlah daun akan

memungkinkan jumlah tongkol yang dibentuk juga lebih banyak. Hal ini didukung oleh Muhadjir (1988) bahwa pembentukan tongkol pada batang dipengaruhi oleh laju pemanjangan batang serta jumlah daun.

Unsur hara N dibutuhkan pada proses pembentukan tongkol. Pembentukan tongkol terjadi melalui fotosintesis dimana N merupakan komponen klorofil. Jika suplai N kurang maka pembentukan karbohidrat pada biji berkurang (Munawar, 2011). Selain itu, suplai unsur hara N terutama terjadi melalui mekanisme pengalihan N dari organ vegetatif ke tongkol. Hal ini karena N bersifat *mobile* dalam jaringan tanaman (Salisbury dan Ross, 1995). Jika N pada daun sedikit maka hasil asimilasi akan berkurang (Gardner, 2008)

Fosfor (P) juga sangat dibutuhkan untuk pembentukan tongkol. P merupakan bagian esensial proses fotosintesis dan metabolisme karbohidrat sebagai fungsi regulator pembagian hasil fotosintesis antara sumber dan organ reproduksi. Suplai P yang cukup dapat meningkatkan kualitas buah. Di samping itu P juga memacu kemasakan tanaman, terutama tanaman biji-bijian (Munawar, 2011).

Berat Tongkol tanpa Kelobot

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

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. Energi ini akan menentukan massa sel yang baru dan enzim nitrogenase yang dihasilkan bakteri famili Azotobacteraceae seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum* (Gardner *et al.*, 2008). Selain itu peran pupuk hayati dipengaruhi oleh beberapa

karakteristik pupuk hayati, seperti jumlah populasi, keunggulan inokulan, bahan pembawa dan masa kadaluwarsa (Simanulangkit *et al.*, 2012).

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, Lee 2007). Kekurangan P akan menyebabkan tongkol jagung menjadi tidak sempurna dan kecil-kecil (Hardjowigeno, 2010). 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

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.

Unsur hara N dan P sangat dibutuhkan tanaman jagung. Menurut Olson dan Sanders (1988), 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. Menurut Quansah (2010) 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 (Hanafiah *et al.*, 2005).

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 (Husen, 2009).

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 dan Kosman, 2013; Tuberkih dan Sipahutar, 2010; Franzini *et al.*, 2009; Hellal *et al.*, 2013; Surtiningsih dan Mariam, 2011). Hal ini menandakan bahwa efektivitas pupuk hayati perlu ditingkatkan dengan meminimalisasi faktor penghambat mikroba.

Tabel 4. EAR(EfektivitasAgronomiRelatif) dan ESR(EfisiensiSubstitusiRelatif) tanaman jagung pada berbagai kombinasi pupuk NP dan pupuk hayati.

Table 4. 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.

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. Dalam penelitian ini digunakan pupuk hayati sebagai pupuk substitusi dan pupuk NP sebagai pupuk yang akan disubstitusi. 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.

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 (Husen, 2009).

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 (Elsanti dan Kosman, 2013; Subandi, 2011; Tania *et al.*, 2012; Yusron, 2009).

Demikian terlihat secara statistic dan produksi jagung dapat ditingkatkan dengan efisiensi penggunaan sumber-sumber produksi. Itulah upaya yang harus dilakukan dalam mencari bukti kebenaran sang pencipta yang telah memberikan kebaikan kepada manusia yang berusaha seperti yang disebutkan Subandi (2012b) *“These verses show clearly that Islam not only encourages investigation on which science is based on, but also Islam in very concerned with scientific investigation. The first verses are not “believe” as the principle of faith. This evidence is the answer to some*

people who still hold the opinion that religion discourages the development of science. Such the opinion tending to accuse the religion is far from being true.

Kesimpulan

- 1) 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.
- 2) Efektivitas pupuk hayati pada tanaman jagung masih rendah (RAE < 100%) pada dosis NP yang lebih rendah dari rekomendasi.
- 3) Pemberian pupuk hayati 100 kg ha⁻¹ dapat mengefisienkan penggunaan pupuk NP sampai 17% pada tanaman jag

UCAPAN TERIMAKASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Nur. 2013. Teknologi Fermentasi pada Tepung Jagung. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Ditjen. Tanaman Pangan. 2015. Pedoman Teknis GP-PTT Jagung 2015. Melalui <http://pangan.pertanian.go.id> [12-04-2015]
- Efendi, R. dan Suwardi. 2010. RESRon Tanaman Jagung Hibrida terhadap Tingkat Takaran Pemberian Nitrogen dan Kepadatan Populasi. Prosiding Pekan Serealia Nasional. ISBN : 978-979-8940-29-3.
- Elsanty dan E. Kosman. 2013. Efektivitas Pupuk Hayati BF₂ terhadap Produksi Biomassa Tanaman Caisim (*Brassica sp.*). Prosiding Seminar Nasional Pertanian Ramah Lingkungan.
- 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. *Sci. Agric.* 66 (1): 71-76

- Gardner, F., T., R. B. Pearce, R. L. Mitchell. 2008. Fisiologi Tanaman Budidaya. Penerjemah Herawati Susilo. Jakarta: UI Press
- Glick, B.R., B. Todorovic, J. Czarny, Z. Cheng, and J. Duan. 2007. Promotion of Plant Growth by Bacterial ACC Deaminase. *Crit. Rev. Plant Sci.* 26:227242.
- Goenadi, D. H. 1997. Kompos Bioaktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. Kumpulan Makalah Pertemuan Teknis Biotek. Perkebunan untuk Praktek. Bogor. 18-27.
- , Y. T. Adiwiganda dan L. P. Santi. 2005. Development Technology and Commercialization of EMAS (Enhancing Microbial Activity in the Soils) Biofertilizer. *FNCA* (6).
- Hanafiah, K. A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- , I. Anas, A. Napoleon, dan N. Ghoffar. 2005. Biologi Tanah. Ekologi dan Makrobiologi Tanah. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Hardjowigeno, S. 2010. Ilmu Tanah. Jakarta: Akademika Pressindo
- 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. *Agricultural Science*, 4 (2).
- Husen, Edi. 2009. Telaah Efektivitas Pupuk Hayati Komersial dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman. Melalui <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/prosiding2009pdf/08-II-2009-Edi%20Husen-set%20final.pdf> [08-01-2014]
- , R. Saraswati, R. D. M. Simanulangkit. 2007. Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Besar Sumer Daya Lahan Pertanian.
- Kasno, A. 2009. RESR on Tanaman Jagung terhadap Pemupukan Fosfor pada Typic Dystrudepts. *J. Tanah Crop*, 14 (2): 111-118. ISSN 0852-257X
- Lee, C. 2007. Corn growth and development. Melalui http://www.uky.edu/ag/grain_crops.
- 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 Journal of Agricultural Research* 27(1): 219-230
- Martoyo, K. 2001. Penanaman Beberapa Sifat Fisik Tanah Ultisol pada Penyebaran Akar Tanaman Kelapa Sawit. PPKS. Medan.
- McWilliams, D.A., D.R. Berglund, and G.J. Endres. 1999. Corn growth and management quick guide. Melalui <http://www.ag.ndsu.edu>.
- Muhadjir, F. 1988. Karakteristik Tanaman Jagung. Pusat penelitian Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.

- Munawar, A. 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman. Bogor: IPB Press
- Olson, R. A and D. H. Sanders. 1988. Corn Production. In Monograph Agronomy Corn and Corn Improvement. Wisconsin.
- Pandia A., M. K. Bangundan H. Hasyim. 2013. RESRonPertumbuhandanProduksiBeberapaVarietasTanamanJagungTerhadapPemberianPupuk N dan K. Jurnal Online Agroteknologi, 1(3). ISSN 2337-6597
- PCARRD. 1986. Environmental Adaptation of Crops. Book Series No 37/1986. Philippine Council for Agriculture and Resources Research and Development. SMSS-SCS, USDA. Los Banos. Philippines.
- 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.
- Rao, N. S. S. 2007. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Jakarta: UI Press
- 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.
- Salisbury, F. B. dan C. W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 3. Bandung: Penerbit ITB
- 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 cepacea*. Agrolgia, 3 (1): 61-74. Issn. 2301-7287
- Simanulangkit, E. Husen dan R. Saraswati. 2012. Baku Mutu Pupuk Hayati dan Sistem Pengawasannya. Melalui <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/lainnya/12baku%20mutu%20pupuk%20hayati.pdf>. [06-08-2015]
- Sonbai, J. H. H., D. Prajitno dan A. Syukur. 2013. Pertumbuhan dan Hasil Jagung pada Berbagai Pemberian Pupuk Nitrogen di Lahan Kering Regosol. Ilmu Pertanian 16 (1).
- Subagyo, 2014. Kebutuhan jagung untuk pakan ternak 14,7 juta ton. Melalui <http://www.antaraneews.com/berita/450362/kebutuhan-jagung-untuk-pakan-ternak-147-juta-ton> [10-08-2015]
- Subandi, M. (2012). Developing Islamic Economic Production. *Sci., Tech. and Dev.*, 31 (4): 348-358.

- Subandi, M. (2012a). Some Notes of Islamic Scientific Education Development. *International Journal of Asian Social Science*, 2(7), pp. 1005-1011.
- Subandi, M. (2012b). Several Scientific Facts as Stated in Verses of the Qur'an. *International Journal of Basic and Applied Science*. Vol. 01 (01): 60-65.
- Subandi, M. (2012c). The Effect of Fertilizers on the Growth and the Yield of Ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaud). *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 2(2), pp. 126-135
- Subandi, M. (2005). Pembelajaran Sains Biologi dan Bioteknologi dalam Spektrum Pendidikan yang Islami. *Media Pendidikan (Terakreditasi Ditjen Dikti-Depdiknas)*. 19 (1), 52-79
- Subandi, M (2011). *Budidaya Tanaman Perkebunan*. Buku Daras. Gunung Djati Press.
- Surtiningsih, T dan S. Mariam. 2011. Efektivitas Campuran Pupuk Hayati dengan Pupuk Kimia pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada Bokor (*Lactuca sativa* L.) var Crispa. *Jurnal 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 Inceptisol. *Endoaquepts Kabupaten Barru Sulawesi Selatan*. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*.
- 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-lain* (4) : 7-14.
- Tania, N., Astina dan S. Budi. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Semi Pada Tanah Podsolik Merah Kuning. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*, 1 (1).
- 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*.
- 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. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*, 15 (4) 162-167