

**APLIKASI BAKTERI PELARUT FOSFAT DAN ROCK PHOSPHATE
TERHADAP KARAKTERISTIK FISILOGI TANAMAN
TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.)**

*The Application Phosphate Solubilization Bacteria and Rock Phosphate on the
Physiological Characteristics of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.)*

Sherly Meirdania Lestari¹, R. Soedradjad¹, Sigit Soeparjono¹, Tri Candra Setiawati¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember. 68121

smeirdania@gmail.com

ABSTRAK

Fosfor (P) merupakan salah satu jenis unsur hara esensial yang berfungsi dalam proses metabolisme tanaman. Berdasarkan fungsi tersebut, mengindikasikan bahwa unsur hara P memiliki peranan yang cukup penting bagi pertumbuhan dan produksi tanaman. Namun, ketersediaannya di dalam tanah sangat rendah, yaitu kurang dari 0,01% dari total P. Oleh karena itu, ketersediaan unsur hara P dalam tanah perlu ditingkatkan, salah satunya melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah melalui penggunaan bakteri pelarut fosfat. Penelitian ini diharapkan mampu mengungkapkan perubahan karakteristik fisiologi tanaman tomat melalui aplikasi bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate*. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial yang terdiri dari 2 faktor perlakuan dengan 2 taraf perlakuan pada faktor pertama (bakteri pelarut fosfat) dan 4 taraf perlakuan pada faktor kedua (*rock phosphate*), sehingga terdapat 8 kombinasi perlakuan bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate* dengan 3 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate* mempengaruhi karakter fisiologi tanaman tomat, terutama terhadap variabel kerapatan stomata, klorofil daun, tinggi tanaman, berat kering tanaman dan berat buah dan kandungan P-Jaringan tanaman pada fase akhir vegetatif. Rekomendasi kombinasi pemupukan yang efisien untuk meningkatkan karakteristik fisiologi dan hasil produksi yang tinggi adalah penggunaan bakteri dan *rock phosphate* 0,69 g.

Kata kunci: bakteri pelarut fosfat, karakter fisiologi, *rock phosphate*

ABSTRACT

Phosphorus (P) is one of the essential nutrients that functions is metabolism in plant. Based on these functions, it indicates that nutrient P has an important role for plant growth and production. However, its availability in soil is very low, which is less than 0.01% of the total P. Therefore, the availability of P nutrients in the soil needs to be increased by increasing the activity of soil microorganisms through the use of phosphate solubilization bacteria. This research is aimed to show the changes in the physiological characteristics of tomato plants through the application of phosphate solubilization bacteria and rock phosphate. Experiment using factorial randomized block design (RBD) which consisted of 2 factors with 2 consultation levels on the first factor (phosphate solubilization bacteria) and 4 levels on the second factor (rock phosphate), and it consist of 8 combinationed of phosphate solubilization bacteria and rock phosphate with 3 replicated. The results showed that the combination treatment of phosphate solubilization bacteria and rock phosphate affected the physiological characteristics of tomato plants, especially on the variables of stomata density, leaf chlorophyll, plant height, plant dry weight, fruit weight and plant P-tissue content in the vegetative final phase. The recommendation of an efficient fertilizer combination to improve physiological characteristics and high yields is use the phosphate solubilization bacteria and rock phosphate 0.69 grams

Keywords: *phosphate solubilization bacteria, physiological characteristic, rock phosphate*

PENDAHULUAN

Fosfor merupakan salah satu jenis unsur hara esensial yang diperlukan tanaman. Umumnya unsur hara ini diberikan dalam bentuk anorganik yang berasal dari pupuk SP36 ataupun TSP dengan efisiensi sekitar 20%. Unsur hara P berfungsi dalam proses metabolisme tanaman, seperti fotosintesis, asimilasi dan respirasi (Sutedjo, 2010). Berdasarkan fungsi tersebut, mengindikasikan bahwa unsur hara P memiliki peranan yang cukup penting bagi pertumbuhan dan produksi tanaman. Namun, ketersediaannya di dalam tanah sangat rendah, yaitu kurang dari 0,01% dari total P. Hal ini dikarenakan jumlah P dalam tanah sedikit dan sebagian besar dalam bentuk yang tidak dapat diambil tanaman. Pada daerah yang memiliki pH masam, unsur hara P banyak terikat oleh logam Al dan Fe sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman, sedangkan pada tanah alkali unsur P banyak diikat oleh Ca dan CaCO_3 sebagai Ca-P tidak larut (Setiawati, 2014). Hasil penelitian Jones dalam Roni *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa 10-30% dari jumlah P yang diberikan dapat diserap oleh tanaman, sedangkan sisanya dikonversi ke dalam bentuk senyawa yang tidak larut dan tidak tersedia bagi tanaman dan sebagian kecil hilang melalui air perkolasi.

Ketersediaan unsur hara P dalam tanah dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, salah satunya adalah aktivitas mikroorganisme tanah. Kondisi saat ini, ketersediaan unsur hara fosfor P dalam tanah cukup tinggi, namun tidak tersedia bagi tanaman. Hal ini dikarenakan populasi mikroorganisme pelarut fosfat sangat kecil akibat rendahnya bahan organik tanah dan tingginya masukan bahan anorganik seperti pestisida (Subowo, 2014). Oleh karena itu, ketersediaan unsur hara P dalam tanah perlu ditingkatkan melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah. Salah satu jenis mikroorganisme tanah yang dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara P adalah Bakteri Pelarut Fosfat (BPF). Bakteri ini merupakan salah satu mikroorganisme yang dapat melarutkan unsur P menjadi bentuk tersedia bagi tanaman. Fitriantini *et al.*, (2009) menjelaskan bahwa BPF merupakan salah satu mikroba yang dapat mengefisienkan pupuk P anorganik sehingga dapat mengatasi rendahnya ketersediaan P tanah dan meningkatkan konsentrasi P tanaman.

Salah satu spesies bakteri pelarut phosphate yang banyak ditemukan dalam rizhosfer tanah adalah *Pseudomonas fluorescens* (Ginting *et al.*, dalam Rohmah *et al.*, 2013). Bakteri ini mampu mengubah fosfor (P) tidak tersedia menjadi bentuk tersedia di dalam tanah melalui sekresi asam organik bakteri, seperti formiat, asetat, propionat, laktat, glikolat, glioksilat, fumarat, tartat, ketobutirat, suksinat dan sitrat (Rao dalam Rohmah *et al.*, 2013). Fosfor (P) yang terlarut selanjutnya dapat tersedia bagi tanaman dan dapat digunakan untuk berbagai macam proses metabolisme.

Proses metabolisme yang dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara fosfor (P) akan mempengaruhi karakteristik fisiologi tanaman. Salah satu jenis tanaman yang dapat menjadi indikator pengaruh unsur P terhadap karakteristik fisiologi tanaman adalah tomat (*Solanum lycopersicum* L.). Pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) perubahan karakteristik fisiologi tersebut dapat diukur melalui laju asimilasi bersih pada tanaman. Hal ini dikarenakan unsur hara P berperan dalam proses penangkapan energi cahaya menjadi energi kimia dalam reaksi terang (Berg, 2008). Oleh karena itu, peneliti ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan phosphate (P) terhadap karakteristik fisiologi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.).

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan Kesuburan Tanah Jurusan Tanah, serta Rumah Kaca Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Penelitian dimulai pada bulan pada bulan November 2017 sampai dengan September 2018.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: bibit tomat varietas servo, isolat *Pseudomonas fluorescens*, media NA, media NB cair, media King's B, polybag 35x40 cm, *rock phosphate*, media tanam steril, kayu bakar, air, kutek dan bahan lain yang mendukung penelitian. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: autoklaf, erlenmeyer, cawan petri, tabung reaksi, pipet, jarum ose, bunsen, kapas, inkubator, jarum ose, timbangan analitik, penggaris, *hand sprayer*, karung, drum, timba, oven, cutter, *Chlorophyllmeter*, mikroskop, dan alat lain yang mendukung penelitian.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial terdiri dari 2 faktor perlakuan, faktor pertama terdiri atas 2 taraf perlakuan dan faktor kedua terdiri atas 4 taraf perlakuan. Berikut perlakuan dalam penelitian ini :

Faktor pertama aplikasi mikroba pelarut fosfat terdiri dari 2 taraf, yaitu :

- a. M0 = Tanpa bakteri pelarut fosfat
- b. M1 = Perlakuan pemberian bakteri pelarut fosfat

Faktor kedua aplikasi pupuk *rock phosphapte* terdiri dari 4 taraf, yaitu :

- a. P0 = 0 g *rock phosphate/polybag* media (kontrol)
- b. P1 = 0,52 g *rock phosphate/polybag* media (50% rekomendasi pupuk P)
- c. P2 = 0,69 g *rock phosphate/polybag* media (100% rekomendasi pupuk P)
- d. P3 = 0,87 g *rock phosphate/polybag* media (125% rekomendasi pupuk P)

Pada penelitian ini terdapat 8 kombinasi perlakuan dan masing-masing diulang sebanyak 3 kali dan dalam setiap blok diletakkan secara acak. Jumlah keseluruhan percobaan terdiri dari $8 \times 3 = 24$ percobaan dengan 2 unit perlakuan (bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate*).

Analisis Pendahuluan dilakukan dengan mengukur sifat kimia tanah, seperti pH, P tersedia dan P Total. Analisis pH tanah diukur dengan pH meter. Hasil analisis menunjukkan bahwa pH tanah dari media yang digunakan sebesar 5,44 dan termasuk ke dalam kelas masam. Kondisi tanah masam tersebut akan menentukan metode yang akan digunakan dalam analisis P tersedia tanah. Analisis yang digunakan pada tanah masam adalah analisa P tersedia metode bray, dimana hasil analisis menunjukkan bahwa P-tersedia dalam tanah sebesar 1,94 ppm dan termasuk ke dalam kategori sangat rendah. Rendahnya ketersediaan P di dalam tanah berbanding terbalik dengan kondisi P-total tanah, dimana hasil analisis menggunakan metode ekstrak HCl 25% diketahui total P dalam tanah sebesar 55,4 mg/100 g tanah dan angka tersebut masuk ke dalam kategori tinggi menurut Balai Penelitian Tanah (2009)

Persiapan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* diawali dengan menumbuhkan isolat bakteri pelarut fosfat pada media King's B untuk menguji kebenaran dari bakteri tersebut. Selanjutnya bakteri diremajakan pada media NA selama 48 jam, kemudian ditumbuhkan pada media NB cair selama 3 hari. Pada hari ke-3 suspensi bakteri pada media NB cair dilakukan perhitungan populasi bakteri dengan metode pengenceran hingga pengenceran 10^{-7} . Pada pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} diambil sebanyak 1 ml suspensi dan ditumbuhkan pada media pikovskaya selama 24 jam. Selajutnya dilakukan perhitungan jumlah koloni menggunakan *colony counter* untuk mengetahui kepadatan populasi bakteri yang digunakan, dimana kepadatan populasi yang telah dihitung sebesar 106×10^{-7} cfu/ml. Bakteri selanjutnya di pipet sebanyak 10 ml dan diinkubasikan dalam kompos steril selama 7 hari, kemudian diaplikasikan 3 hari sebelum penanaman bibit.

Persiapan Media Tanam dilakukan dengan mengayak dan mensterilkan media menggunakan uap panas. Sterilisasi dilakukan dengan cara sederhana, yaitu menggunakan drum bekas, dimana bagian bawah digunakan sebagai tempat air, sedangkan bagian atas adalah media tanam yang dipisahkan dengan anyaman bambu. Proses sterilisasi dilakukan selama 2x4 jam untuk membunuh organisme yang terkandung di dalam tanah. Media ditimbang sebanyak 7 kg dan dimasukkan dalam polybag. Setiap kombinasi perlakuan berisi 3 polybag dan masing-masing polybag berisi 1 bibit tanaman.

Perlakuan Pemupukan pada tanaman tomat dilakukan berdasarkan dosis anjuran dari PT. Petrokimia Gresik. Pemupukan dasar berupa 0,19 g urea+0,39 g Kcl dan pupuk P sesuai kombinasi perlakuan pada setiap polybag media. Pemupukan susulan I dilakukan pada 15 HST berupa 0,098 g urea dan 0,29 ZA pada setiap polybag media. Terakhir pemupukan susulan ke II berupa ZA 0,486 g/polybag media yang dilakukan pada tanaman berusia 30 HST.

Penanaman Bibit dilakukan ketika bibit berusia 21 HSS. Bibit yang digunakan berupa bibit varietas servo.

Pemeliharaan Tanaman meliputi kegiatan pemupukan, penyiraman dan pengendalian hama penyakit.

Pemanenan tanaman tomat dilakukan sejak tanaman berusia 77 HST dengan karakteristik fisik buah berwarna *pink (stage 4)* sesuai dengan kriteria SNV (2016), dimana perubahan warna buah menjadi kemerahan masih berada pada persentase 30-60%. Hal ini dikarenakan pada fase tersebut buah tidak terlalu matang, sehingga proses pembusukan dapat diperlambat.

Variabel Pengamatan meliputi tinggi tanaman (cm), kadar P-jaringan (%P₂O₅), klorofil daun ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$), laju asimilasi bersih (gcm^{-2} hari), jumlah daun (helai), luas daun (cm^2), indeks luas daun, kerapatan stomata (jumlah/ cm^2), kandungan air nisbi (%), berat buah (g), berat kering tanaman (g).

Analisis Data yang digunakan berupa uji ANOVA. Apabila terdapat perbedaan, maka dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)* pada taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate* pada tanaman tomat dapat memberikan pengaruh terhadap beberapa karakter fisiologi tanaman. Hal ini dapat dilihat pada beberapa variabel pengamatan yang tersaji pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Hasil Analisis Keragaman Variabel Pengamatan Pada Tanaman Tomat

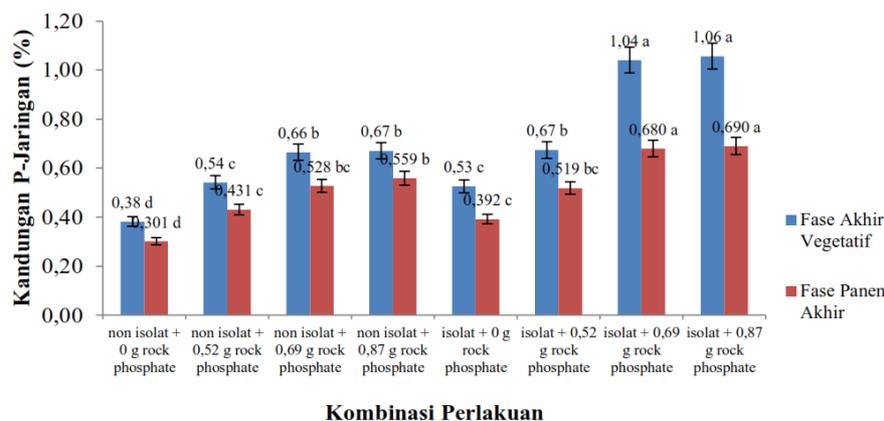
| Variabel Pengamatan | Perlakuan | | |
|-----------------------|--------------------|----------|--------------------|
| | Bakteri | Pupuk P | Bakteri x Pupuk P |
| P-Jaringan | | | |
| Fase Vegetatif Akhir | 54,35** | 32,09** | 4,01* |
| Fase Panen Akhir | 24,64** | 30,66** | 0,45 ^{ns} |
| Laju Asimilasi Bersih | 0,51 ^{ns} | 9,45** | 0,42 ^{ns} |
| Klorofil Daun | 27,18** | 26,40** | 5,90** |
| Tinggi Tanaman | 36,09** | 9,53** | 3,48* |
| Indeks Luas Daun | 4,55 ^{ns} | 3,43* | 0,02 ^{ns} |
| Berat Kering Tanaman | 43,62** | 156,72** | 6,59** |
| Berat Buah | 26,71** | 14,08** | 3,89** |

Ket : **berbeda sangat nyata; *Berbeda nyata; ^{ns} Berbeda tidak nyata

Fosfor merupakan unsur hara esensial yang mutlak diperlukan oleh tanaman. Pada Tanah masam fosfor diserap oleh tanaman dalam bentuk H_2PO_4 dan HPO_4^{2-} (Chen *et al.* dalam Nejad *et al.*, 2013). Unsur P merupakan unsur yang ketersediannya cukup sensitif terhadap kondisi lingkungan, dimana ketersediannya dipengaruhi oleh pH tanah, populasi serta aktivitas mikroba dalam tanah (Suliasih dan Rahmat, 2007). Salah satu cara untuk

meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah agar fosfat menjadi tersedia bagi tanaman adalah dengan menggunakan bakteri pelarut fosfat. Penggunaan bakteri ini dapat meningkatkan efisiensi pemupukan pupuk P yang dilakukan terhadap tanaman (Saraswati dan Husen, 2008).

Fosfor merupakan unsur hara esensial yang menjadi faktor pembatas dalam produksi tanaman. Salah satu peran unsur hara fosfor adalah membentuk senyawa berenergi tinggi yang berperan dalam proses metabolisme tanaman, yaitu ATP (Salisbury dan Ross, 1995). ATP sendiri berperan penting dalam proses metabolisme tanaman yang cukup penting, seperti fotosintesis, respirasi dan translokasi fotosintat pada tanaman (Campbell *et. al.*, 2002). Berdasarkan hal tersebut, kecukupan fosfor di dalam tanaman perlu diperhatikan untuk menunjang keberlangsungan metabolisme tanaman. Kecukupan unsur hara fosfor di dalam tubuh tanaman tersebut dapat diketahui dari kandungan P-jaringan tanaman, dimana semakin meningkatnya ketersediaan P di dalam tanah maka kandungan P di dalam jaringan tanaman juga meningkat, sehingga metabolisme tanaman dapat berjalan optimal.



Gambar 1. Kandungan P-Jaringan Tanaman Tomat Fase Vegetatif Akhir dan Fase Panen Akhir

Pada fase akhir vegetatif tanaman ditandai dengan munculnya bunga. Pada fase ini dilakukan analisis terhadap daun tanaman untuk mengetahui kandungan P pada jaringan tanaman. Berdasarkan Gambar 1, kombinasi perlakuan bakteri pelarut P dan pupuk *rock phosphate* dapat meningkatkan kandungan P jaringan tanaman. Pada perlakuan kontrol (tanpa isolat bakteri dan 0 g *rock phosphate*) kandungan P-jaringan sebesar 0,38% dan meningkat menjadi 0,53 % setelah diberi tambahan bakteri pelarut fosfat (isolat bakteri dan 0 g *rock phosphate*). Semakin meningkatnya dosis pupuk yang ditambahkan pada tanaman, maka ketersediaan unsur fosfor di dalam tanah juga meningkat. Hal ini di dukung dengan adanya bakteri pelarut fosfat yang semakin meningkatkan fosfor tersedia di dalam tanah. Pada kombinasi perlakuan non isolat dan 0,87 g *rock phosphate* memiliki hasil yang sama dengan perlakuan isolat dan 0,52 *rock phosphate*. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan penambahan isolat bakteri akan meningkatkan ketersediaan fosfat dibandingkan tanpa penggunaan isolat bakteri, sehingga efisiensi penggunaan pupuk dapat ditingkatkan. Data tersebut sesuai dengan

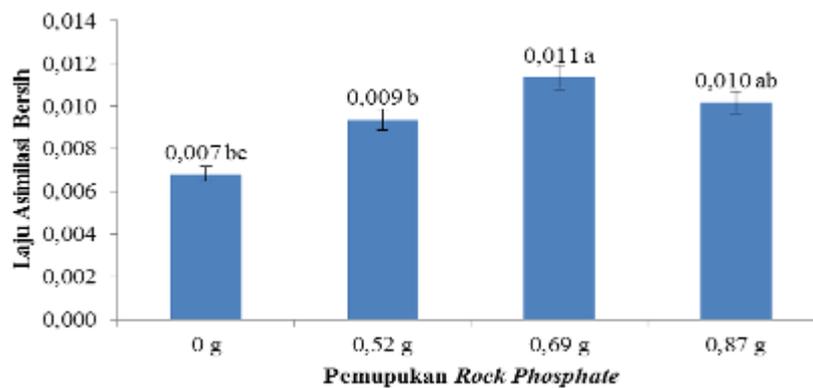
penelitian Saraswati dan Husein (2008) yang menyebutkan bahwa kandungan unsur hara di dalam tanaman berbanding lurus dengan ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Perlakuan terbaik dari kombinasi tersebut dalam meningkatkan kandungan P jaringan tanaman adalah perlakuan bakteri dengan 0,87 g *rock phosphate*, dimana kandungan P jaringan tanaman sebesar 1,06%. Namun yang dapat menjadi rekomendasi dalam pemupukan adalah perlakuan penambahan bakteri pelarut fosfat dengan 0,69 g *rock phosphate* dengan kandungan P jaringan 1,04% karena lebih efisien dengan hasil berbeda tidak nyata yang ditunjukkan dengan huruf yang sama.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian bakteri pelarut fosfat mampu meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah, sehingga kandungan P-jaringan tanaman ikut meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Noor (2005) bahwa kadar P jaringan tanaman akan meningkat dari 0,77% menjadi 0,94% dengan pemberian bakteri pelarut fosfat. Noor (2003) juga menambahkan meningkatnya serapan P di dalam tanaman karena meningkatnya ketersediaan P di dalam tanah. Hal ini dikarenakan bakteri pelaut fosfat mampu melarutkan senyawa P tidak tersedia menjadi P tersedia bagi tanaman melalui mekanisme pelarutan secara kimia dan biologi. Pelarutan secara kimia dilakukan oleh bakteri dengan mensekresikan asam-asam organik seperti asetat dan laktat (Rao dalam Suliasih *et al.*, 2010). Meningkatnya kandungan asam organik di dalam tanah akan menyebabkan pH menjadi turun (Sharma *et al.*, 2013). Selanjutnya asam-asam tersebut akan bereaksi dengan bahan pengikat phosphate seperti Al, Fe dan Ca membentuk khelat organik stabil, sehingga P dapat dilepas dan menjadi tersedia bagi tanaman (Omar dalam Sharma *et al.*, 2013). Pelarutan secara biologi terjadi karena bakteri pelarut fosfat mampu menghasilkan enzim organik seperti fosfatase dan fitase yang dapat menyebabkan P menjadi tersedia dan dapat diserap oleh tanaman (Sharma *et al.*, 2013).

Kondisi berbeda ditunjukkan dari hasil analisis P-jaringan pada fase panen akhir, dimana kombinasi perlakuan bakteri dan pupuk fosfat menunjukkan hasil tidak berbeda nyata yang ditunjukkan dengan huruf yang sama (Gambar 1). Hal ini diduga faktor tunggal dari bakteri dan *rock phosphate* yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan P-jaringan tanaman. Pemupukan P melalui penggunaan pupuk *rock phosphate* mampu meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah. Peningkatan tersebut akan berbanding lurus dengan kandungan P-jaringan tanaman yang tumbuh di atasnya. Namun, ketersediaan P di dalam tanah yang berlebih tidak akan meningkatkan kandungan P jaringan tanaman secara signifikan karena setiap tanaman memiliki batas kecukupan terhadap unsur hara fosfat, seperti dalam hukum minimum Leibig (Atmaja, 2017). Kondisi yang sama juga dapat terjadi oleh faktor tunggal bakteri, dimana dengan penggunaan bakteri pelarut fosfat, ketersediaan P di dalam tanah akan meningkat. Hal ini dikarenakan bakteri pelarut fosfat dapat melarutkan senyawa P tidak tersedia menjadi P

tersedia bagi tanaman melalui mekanisme pelarutan secara kimia dan biologi (Rao dalam Suliasih *et al.*, 2010).

Meningkatnya kandungan P dalam jaringan tanaman dapat meningkatkan pembentukan ATP di dalam tubuh tanaman. ATP sendiri merupakan senyawa yang dapat digunakan dalam proses metabolisme tanaman, seperti fotosintesis, respirasi dan translokasi fotosintat pada tanaman (Campbell *et. Al.*, 2002). Peningkatan laju fotosintesis di dalam tanaman akibat meningkatnya ketersediaan P-jaringan akan meningkatkan nilai laju asimilasi bersih pada tanaman. Laju asimilasi bersih merupakan kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering per satuan luas daun per satuan waktu (Rahman *et al.*, 2015). Akumulasi bahan kering tersebut berupa fotosintat hasil dari proses fotosintesis yang terjadi pada tanaman. Oleh karena itu, variabel laju asimilasi bersih dapat menjadi indikator untuk mengukur perubahan karakter fisiologi tanaman.



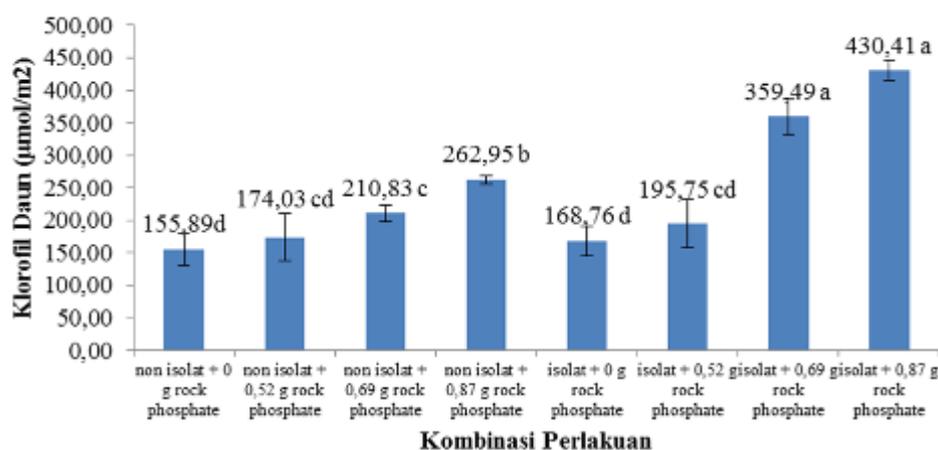
Gambar 2. Pengaruh Pupuk *Rock Phosphate* terhadap Laju Asimilasi Bersih Tanaman Tomat

Berdasarkan data analisis ragam pada Tabel 1, kombinasi perlakuan bakteri pelarut fosfat dan pupuk *rock phosphate* tidak berpengaruh nyata terhadap laju asimilasi bersih tanaman. Hal ini diduga faktor tunggal pemupukan yang menyebabkan perbedaan tersebut sesuai analisis ANOVA yang dilakukan (Tabel 1), dimana semakin meningkatnya dosis pupuk yang digunakan, ketersediaan P akan semakin meningkat sehingga laju asimilasi bersih semakin meningkat seiring dengan meningkatnya laju fotosintesis. Berdasarkan Gambar 2, pemupukan pada tanaman tomat dengan menggunakan 0 g *rock phosphate* menghasilkan laju asimilasi bersih 0,007 g cm⁻²/hari. Ketika dosis pupuk ditambahkan menjadi 0,52 g *rock phosphate* menghasilkan laju asimilasi bersih 0,009 g cm⁻²/hari. Laju asimilasi bersih tanaman tomat mencapai nilai optimal 0,011 g cm⁻²/hari dengan aplikasi *rock phosphate* 0,69 g. Namun, semakin ditingkatkan dosis pemupukan, nilai laju asimilasi bersih tanaman mengalami penurunan, dimana pada aplikasi 0,87 g *rock phosphate* nilai asimilasi bersihnya sebesar 0,010 g cm⁻²/hari.

Meningkatnya pemupukan pada tanaman akan semakin meningkatkan ketersediaan unsur hara pada tanaman, sehingga laju fotosintesis tanaman akan meningkat, otomatis laju asimilasi

bersih tanaman akan meningkat pula. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wahyuti *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa nilai laju asimilasi bersih pada tanaman akan meningkat seiring dengan meningkatnya laju fotosintesis, dimana hal ini didukung oleh ketersediaan unsur hara makro dan mikro yang cukup (Wahyuti *et al.*, 2013). Hasil penelitian Sutopo (2003) menyatakan bahwa penggunaan berbagai dosis pupuk P dari 100-300 kg/Ha pada tanaman jagung dapat meningkatkan laju fotosintesis tanaman. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa, perlakuan pupuk dosis 72 kg P₂O₅/Ha dapat meningkatkan laju asimilasi bersih sebesar 0,00189 gcm⁻²/hari, dibandingkan dengan aplikasi pupuk 54 kg P₂O₅/Ha dan 36 kg P₂O₅/Ha dengan masing-masing nilai laju asimilasi bersihnya sebesar 0,0068 gcm⁻²/hari dan 0,0037 gcm⁻²/hari.

Laju asimilasi bersih tanaman yang dipengaruhi oleh terjadinya proses fotosintesis tidak dapat dipisahkan oleh faktor ketersediaan klorofil pada daun tanaman. Klorofil merupakan pigmen yang terdapat pada daun tanaman yang berperan sebagai penyusun organel kloroplas. Klorofil inilah yang menangkap energi cahaya matahari untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP dan NADPH yang disebut fotosintesis (Berg, 2008). Berdasarkan penelitian Ai dan Banyo (2011) peningkatan klorofil pada daun tanaman akan meningkatkan laju fotosintesis yang terjadi pada tanaman itu sendiri. Klorofil daun dapat berperan sebagai penangkap energi cahaya matahari dalam proses reaksi terang, sehingga banyak dihasilkan senyawa berenergi tinggi seperti ATP dan NADPH. Pada Reaksi gelap, ATP dan NADPH digunakan untuk mereduksi CO₂ sehingga terbentuk karbohidrat. Senyawa ini selanjutnya ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman, seperti pembentukan dan perluasan daun, batang maupun akar (Elly *et al.*, 2012).



Gambar 3. Pengaruh Aplikasi Bakteri dan *Rock phosphate* Terhadap Kandungan Klorofil Daun Tanaman Tomat

Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi perlakuan bakteri pelarut fosfat dan pupuk fosfat mampu meningkatkan kandungan klorofil daun (Tabel 1). Pada perlakuan kombinasi bakteri dan *rock phosphate* 0,87 g mampu meningkatkan kandungan klorofil tanaman sebesar 430,41 µmol/m². Perlakuan tersebut berbeda tidak nyata dengan kombinasi perlakuan bakteri dan *rock*

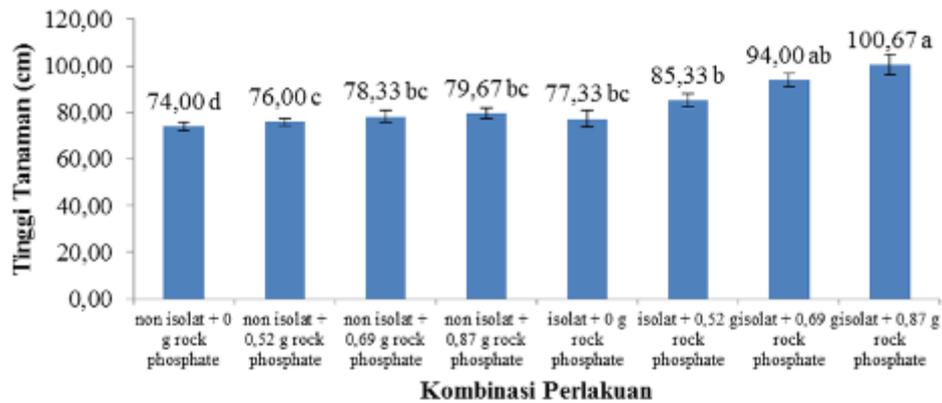
phosphate 0,69 g dengan kandungan klorofil 359,49 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Oleh karena itu, rekomendasi yang dapat diberikan guna meningkatkan kandungan klorofil tanaman adalah aplikasi bakteri dan *rock phosphate* 0,69 g karena lebih efisien.

Kandungan klorofil pada daun tanaman tomat yang tersaji pada Gambar 3 tergolong cukup rendah. Kondisi tersebut disebabkan pengamatan yang dilakukan pada akhir pengamatan, dimana kandungan klorofil daun mengalami penurunan, yang disebabkan oleh menuanya daun tanaman (*senescence*), sehingga kandungan klorofil daun juga berkurang. Hal ini ditandai dengan berubahnya warna daun dari hijau menjadi hijau kekuningan karena klorofil tergantikan dengan pembentukan pigmen lain seperti xantofil atau karoten (Wingler, 1998).

Fotosintesis yang terjadi pada tanaman akan menghasilkan asimilat. Semakin tinggi laju fotosintesis yang terjadi, maka fotosintat yang dihasilkan akan meningkat pula. Fotosintat tersebut akan digunakan oleh tanaman untuk proses tumbuh dan berkembang. Menurut Gardner *et al.* (1991), 60-80% hasil asimilasi di daun akan ditransfer ke organ lain dari tanaman seperti akar dan batang. Oleh karena itu, hasil asimilasi juga dapat diukur melalui variabel tinggi tanaman.

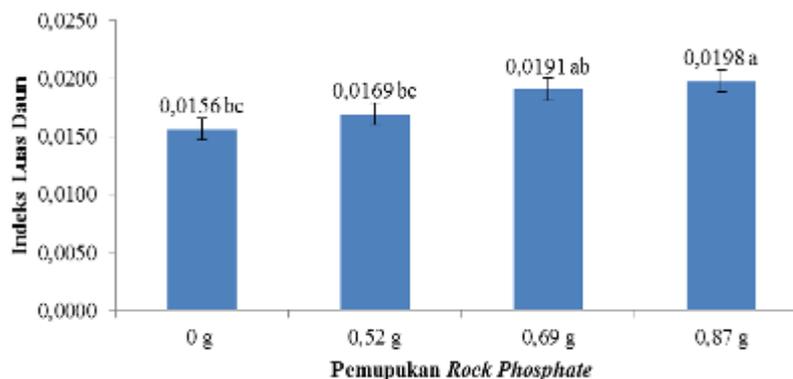
Berdasarkan hasil pengamatan, tinggi tanaman tomat mengalami perbedaan tidak nyata pada perlakuan kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk *rock phosphate* (Tabel 1). Tinggi tanaman terbaik terjadi pada kombinasi bakteri dan *rock phosphate* 0,87 g dengan tinggi tanaman 100,67 cm. Tinggi tersebut berbeda tidak nyata dengan perlakuan bakteri dan *rock phosphate* 0,69 g yang memiliki tinggi 94 cm. Oleh karena itu, rekomendasi yang dapat digunakan untuk meningkatkan tinggi tanaman dengan penggunaan pupuk yang efisien adalah kombinasi bakteri dan pupuk *rock phosphate* 0,69 g.

Meningkatnya tinggi tanaman tomat diatas disebabkan oleh optimalnya laju fotosintesis yang terjadi akibat ketersediaan unsur P yang memadai. Hasil penelitian Tamad dan Maryanto (2010) menyebutkan bahwa aplikasi bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate* pada tanaman kedelai berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, bobot brangkas tanaman, jumlah daun, jumlah polong, bobot biji dan serapan P. Penelitian lain menyebutkan bahwa keberadaan bakteri pelarut fosfat akan meningkatkan ketersediaan dan serapan unsur hara P, sehingga tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat kering tanaman, laju asimilasi bersih dan indeks luas daun akan meningkat (Rahman *et al.*, 2015).



Gambar 4. Pengaruh Aplikasi Bakteri dan *Rock phosphate* Terhadap Tinggi Tanaman Tomat 7 HST hingga 130 HST

Variabel lain yang menjadi indikator laju pertumbuhan tanaman akibat peningkatan hasil laju asimilasi bersih tanaman adalah indeks luas daun. Indeks luas daun merupakan luas daun total per tanaman atau per satuan luas daun. Ukuran indeks luas daun (ILD) yang tinggi menunjukkan cahaya yang diserap oleh tanaman akan semakin kecil, sehingga proses fotosintesis yang terjadi akan semakin rendah. Pada tanaman cabai, ILD akan meningkat seiring dengan meningkatnya umur tanaman, sehingga tanaman akan semakin rimbun dan terlihat rapat. Menurut hukum Beer, meningkatnya ILD akan mengurangi jumlah cahaya di dalam tajuk tanaman, akibatnya daun akan cenderung lebih luas tetapi lebih tipis, sehingga luas daun persatuan berat daun semakin rendah (Rahman *et al.*, 2015).



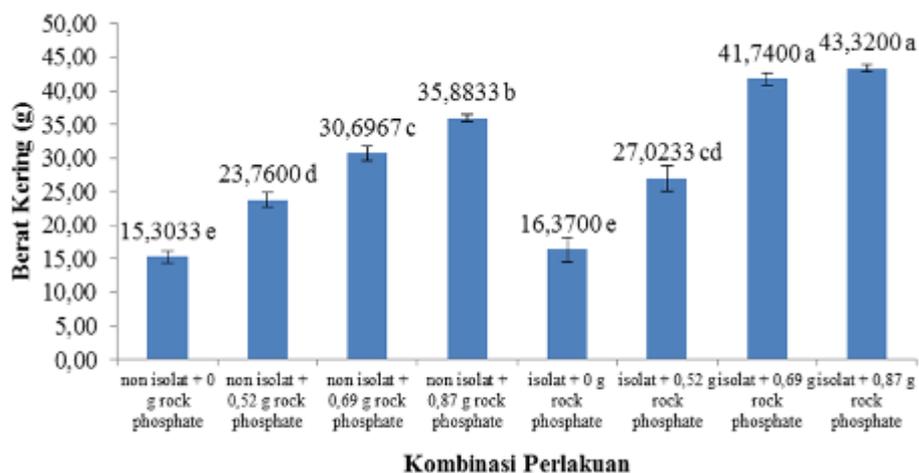
Gambar 5. Pengaruh Aplikasi *Rock Phosphate* Terhadap Indeks Luas Daun

Berdasarkan Tabel 1, kombinasi perlakuan bakteri dan pupuk *rock phosphate* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap indeks luas daun tanaman. Hal ini diduga faktor tunggal dari perlakuan yang memberikan pengaruh terhadap luas daun tanaman. Berdasarkan Gambar 4.10, pemupukan 0 g *rock phosphate* memiliki indeks luas daun 0,016. Nilai tersebut berbeda tidak nyata dengan perlakuan pupuk 0,52 g *rock phosphate* dengan indeks luas daun 0,017 yang ditandai dengan huruf yang sama. Dosis pupuk *rock phosphate* yang ditingkatkan akan semakin meningkatkan indeks luas daun tanaman, dimana perlakuan 0,69 g *rock phosphate* memiliki indeks luas daun 0,019. Sedangkan perlakuan dengan dosis pupuk tertinggi 0,20 g

rock phosphate memiliki indeks luas daun 0,020. Kondisi tersebut menunjukkan semakin meningkatnya dosis pupuk yang diberikan, maka indeks luas daun tanaman akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan unsur hara P berperan dalam pembentukan senyawa berenergi tinggi berupa ATP yang berguna dalam proses fotosintesis guna menghasilkan asimilat. Hasil asimilat tersebut digunakan untuk proses pertumbuhan tanaman dalam hal peningkatan jumlah daun, luas daun dan indeks luas daun.

Peningkatan luas daun tanaman yang terjadi akibat pemupukan akan mengakibatkan fotosintesis pada tanaman akan semakin rendah karena daun yang berada di bagian bawah akan tertutupi daun di bagian atas, sehingga cahaya yang diterima tidak akan optimal dan fotosintesis yang terjadi tidak maksimal. Namun, Soedradjad dan Avivi (2005) menjelaskan bahwa peningkatan luas daun tanaman yang sejalan dengan bentuk tajuk dan susunan yang ideal akan mendorong peningkatan fotosintesis pada tanaman, sehingga fotosintat yang dihasilkan akan meningkat. Peningkatan ini ditunjukkan dengan nilai laju asimilasi bersih yang tinggi pada perlakuan faktor tunggal pemupukan (Gambar 5).

Variabel lain yang menjadi indikator laju pertumbuhan tanaman dan menjadi salah satu faktor terjadinya laju asimilasi bersih adalah berat kering tanaman. Berat kering tanaman merupakan akumulasi asimilat yang dihasilkan tanaman dalam proses fotosintesis dan ditranslokasikan ke bagian tanaman seperti batang dan akar untuk membentuk biomassa tanaman secara optimum (Gardner *et al.*, 1991). Peningkatan berat kering dari tanaman mencerminkan bahwa pertumbuhan tanaman yang terjadi sangat baik dengan banyaknya unsur hara yang diserap.



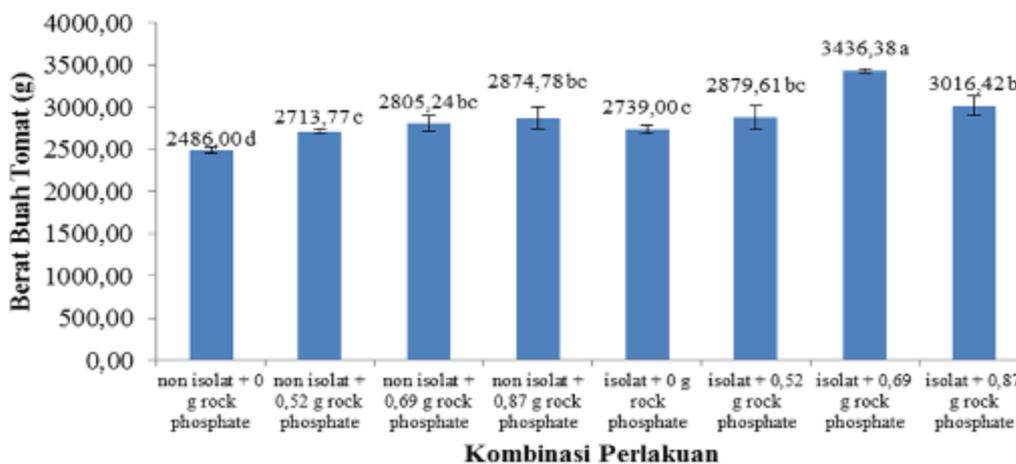
Gambar 6. Pengaruh Aplikasi Bakteri dan *Rock phosphate* Terhadap Berat Kering Tanaman Tomat

Berdasarkan Tabel 1, kombinasi perlakuan bakteri dan pupuk *rock phosphate* mampu memberikan pengaruh nyata terhadap berat kering tanaman tomat. Pada akhir pengamatan (Gambar 6), berat kering tertinggi dihasilkan oleh perlakuan bakteri dan 0,87 g *rock phosphate* dengan berat 43,32 g. Hasil tersebut berbeda tidak nyata dengan perlakuan bakteri dan 0,69 g

rock phosphate, dimana berat kering yang dihasilkan sebesar 41,74 g. Berdasarkan data di atas peningkatan berat kering tanaman akibat penambahan pupuk juga sejalan dengan keberadaan bakteri pelarut fosfat. Hal ini sesuai dengan penelitian Elfiati (2005) menunjukkan bahwa aplikasi bakteri pelarut fosfat dari genus *Pseudomonas* sp mampu meningkatkan ketersediaan unsur P dan meningkatkan bobot kering tanaman hingga 30%.

Variabel akhir yang menjadi indikator laju pertumbuhan tanaman adalah berat buah. Buah yang dihasilkan oleh tanaman merupakan hasil simpanan dari fotosintat yang dihasilkan dalam proses fotosintesis. Oleh karena itu, peningkatan laju fotosintesis yang terjadi pada tanaman dapat diketahui dari variabel berat buah (Gambar 7).

Berdasarkan hasil percobaan, kombinasi bakteri dan pupuk *rock phosphate* memberikan pengaruh sangat nyata terhadap berat buah (Tabel 1). Hal ini ditandai dengan besarnya nilai panen pada setiap kombinasi perlakuan. Berdasarkan Gambar 7. perlakuan terbaik dalam menghasilkan berat buah tertinggi adalah kombinasi perlakuan bakteri dan pupuk *rock phosphate* 0,69 g dengan hasil 3436,38 g/tanaman. Besarnya berat buah yang dihasilkan tersebut berbeda tidak nyata dengan berat buah tomat pada perlakuan kombinasi bakteri dan pupuk *rock phosphate* 0,87 g dengan hasil 3016,42 g/tanaman. Oleh karena itu, guna meningkatkan berat buah tomat, kombinasi perlakuan yang dapat menjadi rekomendasi adalah penggunaan bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate* 0,69 g.



Gambar 7. Pengaruh Aplikasi Bakteri dan *Rock phosphate* Terhadap Berat Buah Tomat

Peningkatan berat buah ini disebabkan oleh meningkatnya unsur hara P tersedia di dalam tanah, sehingga P-jaringan pada tanaman akan meningkat pula. P merupakan unsur hara yang berperan dalam berbagai macam proses metabolisme di dalam tanaman. Hal ini dikarenakan unsur hara fosfat merupakan unsur hara yang berperan dalam proses pembentukan bunga, buah, daun, batang dan cabang. Selain itu, unsur P berperan dalam siklus calvin, dimana dalam siklus ini akan dihasilkan karbohidrat yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berkembang (Berg, 2008). Oleh karena itu, peningkatan ketersediaan P di dalam tanah akibat pemberian bakteri

pelarut fosfat, akan meningkatkan kadar P jaringan (Gambar 1). Peningkatan kandungan P dalam jaringan tanaman juga sejalan dengan meningkatnya kandungan kloroplas pada daun, sehingga klorofil daun akan meningkat pula (Ai dan Banyo, 2011). Peningkatan ini akan menyebabkan laju fotosintesis dan laju asimilasi bersih tanaman menjadi optimal (Gambar 4.3). Hasil dari fotosintesis (reaksi gelap) yaitu senyawa karbohidrat kemudian akan ditranslokasikan ke bagian tanaman lain, untuk proses tumbuh dan berkembang. Sisa dari asimilat yang dihasilkan selanjutnya disimpan dalam bentuk buah. Sehingga berat buah yang diaplikasi dengan bakteri pelarut fosfat dan *pupuk fosfat* akan meningkat (Gambar 7).

KESIMPULAN

Aplikasi bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate* dapat mempengaruhi karakter fisiologi tanaman tomat, terutama dalam meningkatkan P Jaringan tanaman fase vegetatif, meningkatkan kandungan klorofil daun, meningkatkan tinggi tanaman, meningkatkan berat kering tanaman dan berat buah. Sedangkan kombinasi perlakuan terbaik guna meningkatkan karakteristik fisiologi tanaman tomat adalah aplikasi bakteri pelarut fosfat dan *rock phosphate* 0,69 g/polybag media.

DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N. S., dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangann Air Pada Tanaman. *Ilmiah Sain*, 11 (2) : 166-17.
- Atmaja, I.S.W. 2017. Pengaruh Uji Minus One Test Pada Pertumbuhan Vegetatif Tanaman mentimun. *Logika*, 19 : 63-68.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Jakarta : Departemen Pertanian.
- Berg, L. 2008. *Introductory Botany : Plants, People, and The Enviroment*. USA : Thomson Corporation.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., & Mitchell, L.G. (2002). *Biologi*. Jilid 1. Edisi Kelima. Alih Bahasa: Wasmen. Jakarta: Erlangga.
- Elfiati, D. 2005. Peranan Mikroba Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Repository*, 1(2): 1-10.
- Elly, P., I.W. Prijambada., D. Rachmawati, dan Retni, P.S.2012. Laju Fotosintesis dan Kandungan Klorofil Kedelai pada Media Tanam Masam dengan Pemberian Garam Alumunium. *Agrotop*, 2(1): 17-24.
- Fitriantini, B. N., A. Yuniarti, O. Mulyani, F. S. Fauziah dan M. D. Tiara. 2009. Pengaruh Mikroorganisme Pelarut Fosfat dan Pupuk P terhadap P Tersedia, Aktivitas Fosfatase, Populasi Mikroorganisme Pelarut Fosfat, Konsentrasi P Tanaman dan Hasil Padi Gogo (*Oryza sativa*. L.) pada Ultisols. *Agrikultura*, 20 (3) : 1-15.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., dan Mitchell, R. L., 1991. *Physiology of Cro Plants*. Terjemahan oleh Susilo. Fisiologi Tanaman Budidaya. Pendamping: Subianto. Jakarta : UI-Press.
- Nejad, R. A. K., F. Najafi and C. Tofighi. 2013. The Effects of Nitrate and Phosphate Deficiencies on Certain Biochemical Metabolites in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. c.v. Urbana V.F.) Plant. *Stress Physiology & Biochemistry*, 9 (3) : 64-73.
- Noor, A. 2003. Pengaruh Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Pupuk Kandang terhadap P Tersedia dan Pertumbuhan Kedelai Pada Ultisol. *Bul. Agron*, 31(3): 100-106.

- Noor, A. 2005. Peranan Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Pupuk Kandang dalam Meningkatkan Serapan Hara dan Basal Kedelai. *Tanah dan Lingkungan*, 7(2): 41-47.
- Rahman, Rahmawaty., M. Anshar, dan Bahrudin. 2015. Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat, Bakteri Penambat Nitrogen dan Mikoriza terhadap pertumbuhan Tanaman Cabai (*Capsicum annum L.*). *agrotekbis*, 3(3): 316-328.
- Rohmah, F., Y. S. Rahayu dan Yuliani. 2013. Pemanfaatan Bakteri *Pseudomonas fluorescens*, Jamur *Trichoderma harzianum* dan Seresah Daun Jati (*Tectona grandis*) untuk Pertumbuhan Tanaman Kedelai pada Media Tanam Tanah Kapur. *Lenterabio*, 2 (2) : 149-153.
- Roni, N. G. K., N. M. Witariadi, N. N. Candraasih dan N. W. Siti. 2013. Pemanfaatan Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Produktivitas Kudzu Tropika (*Pueraria phaseoloides Benth.*). *Pastura*, 3 (1) : 13-16.
- Salisbury, F. B dan C. W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan, Jilid 3*. Bandung : Penerbit ITB.
- Saraswati, R dan E. Husen. 2008. Prospek Penggunaan Pupuk Hayati Pada Sawah Bukaak Baru. *Lahan Sawah Bukaak Baru*, 2 (1): 151-170.
- 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) : 28-36.
- Sharma, S. B., R. Z. Sayyed, M. H. Trivedi and T. A. Ghobi. 2013. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, 2 (587) : 1-14.
- SNV. 2016. *Smallholder Horticultural Production and Business : Trainer's Manual*. Zimbabwe : SNV Country
- Soedradjad, R dan S. Avivi. 2005. Efek Aplikasi *Synechococcus* sp. Pada Daun dan Pemupukan NPK terhadap Parameter Agronomis Kedelai. *Agron*, 33 (3) : 17-23.
- Subowo, G. 2014. *Pemberdayaan Organisme Tanah untuk Pertanian Ramah Lingkungan*. Jakarta : Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Suliasih dan Rahmat. 2007. Aktivitas Fosfatase dan Pelarutan Kalsium Fosfat oleh beberapa Bakteri Pelarut Fosfat. *Biodiversitas*, 8 (1) : 23-26.
- Suliasih, S. Widiati dan A. Muharam. 2010. Aplikasi Pupuk Organik dan Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat dan Aktivitas Mikroba Tanah. *Hort*, 20 (3) : 241-246.
- Sutedjo, M. M. 2010. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Sutopo. 2003. Kajian Penggunaan Bahan Organik Berbagai Bentuk, Sekam Padi dan Dosis Pupuk Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung (*Zea mays L.*). *Sains Tanah*, 3(1): 42-48.
- Tamad, dan J. Maryanto. Pelarutan Hayati Batuan Fosfat sebagai Pupuk Fosfor pada Budidaya Kedelai di Ultisol. *Agrin* 14(1): 72-78.
- Wahyuti, T. B., B. S. Purwoko, A. Junaedi, Sugiyanta dan B. Abdullah. 2013. Hubungan Karakter Daun dengan Hasil Padi Varietas Unggul. *Agron*, 41 (3) : 181 -187.
- Wingler, A., Antje V. S., Richard C. L., Peter J. L and Paul Q. 1998. *Regulation of Leaf Senescence by Cytokinin, Sugars, and Light*. *Plant physiol*, 116 : 329-335.