

Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dan Pupuk Fosfor terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) yang ditanam secara SRI Modifikasi

*The Effect of Phosphate Solubilizing Bacteria (PSB) and Phosphorus Fertilizer on the
Growth of Paddy Rice (*Oryza sativa* L.) grown by Modified SRI*

Meri Afriani¹, Arman Effendi^{*2}, Murniati², Sri Yoseva²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

²Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

e-mail: meriafriani479@gmail.com, *arman.effendi@lecturer.unri.ac.id, murniati@yahoo.com,
sriyoseva@yahoo.com

ABSTRAK

Ketersediaan unsur fosfor menjadi salah satu faktor pembatas untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman padi. BPF memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfat dalam tanah dari bentuk yang tidak larut menjadi fosfat dalam bentuk larut. Penambahan pupuk TSP dengan dosis yang rendah mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara fosfor dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pemberian interaksi bakteri pelarut fosfat dan pupuk fosfor serta untuk mendapatkan dosis terbaik terhadap pertumbuhan padi sawah. Penelitian ini dilaksanakan bulan Januari-April 2020 di Laboratorium Biologi FMIPA dan Kebun Percobaan FAPERTA, UNRI. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri dari 2 faktor yaitu pemberian dosis pupuk fosfor (P) dengan 3 taraf yaitu 0, 0,25 dan 0,50 g per polybag dan pemberian BPF dengan 3 taraf yaitu 35, 40 dan 45 ml per polybag. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian interaksi BPF dan pupuk fosfor berpengaruh nyata terhadap parameter laju pertumbuhan tanaman, laju asimilasi bersih, tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan dan rasio tajuk akar. Interaksi perlakuan terbaik dari hasil penelitian yaitu pada pemberian BPF dosis 45 ml per polybag dan pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag.

Kata kunci: BPF, unsur hara fosfor, padi sawah

ABSTRACT

The availability of phosphorus is one of the limiting factors for increasing the growth of rice plants. PSB have the ability to dissolve phosphate in the soil from an insoluble form to a soluble form of phosphate. The addition of TSP fertilizer with a low dose can increase the availability of phosphorus in the soil. This study aims to determine the effect of interaction of phosphate solubilizing bacteria and phosphorus fertilizer and to obtain the best dose on the growth of lowland rice. This research was conducted in January-April 2020 at the Biology Laboratory FMIPA and FAPERTA Experimental Garden, UNRI. This study used a factorial completely randomized design consisting of 2 factors first, the administration of phosphate fertilizer (P) with 3 levels are about 0, 0.25 and 0.50 g per polybag. Second, the administration of PSB with 3 levels, are about 35, 40 and 45 ml per polybag. The results showed that the interaction of PSB and phosphorus fertilizer had a significant effect on the parameters of plant growth rate, net assimilation rate, but had no significant effect on plant height, maximum number of tillers and root crown ratio. The best treatment interaction from the results of the study was the administration of PSB at a dose of 45 ml per polybag and phosphorus fertilizer at a dose of 0.50 g per polybag.

Keywords: PSB, phosphorus nutrient, paddy rice

PENDAHULUAN

Padi sawah (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas potensial pertanian di Indonesia dan juga merupakan tanaman yang memegang peranan penting dalam meningkatkan perekonomian negara yaitu sebagai bahan untuk mencukupi kebutuhan pokok masyarakat dan sebagai mata pencaharian serta sebagai sumber pendapatan petani dalam memenuhi kebutuhan hidupnya (Murdiantoro, 2011). Produksi padi di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 81.382.451 t, sedangkan pada tahun 2018 turun menjadi 56.537.774 t. Untuk produktivitas padi pada tahun 2017 sebesar 5,15 t.ha⁻¹, sedangkan pada tahun 2018 meningkat menjadi 5,18 t.ha⁻¹ (Badan Pusat Statistik, 2018). Data tersebut menjelaskan bahwa produksi padi belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat, sehingga perlu dilakukan peningkatan pertumbuhan tanaman agar dapat meningkatkan produksi padi dan kebutuhan masyarakat terpenuhi.

Peningkatan pertumbuhan padi sawah yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat seharusnya sudah mengarah pada pertanian yang mempertahankan keseimbangan lingkungan. Keseimbangan lingkungan dapat dipertahankan melalui salah satu teknologi pertanian organik dengan menggunakan metode *System of Rice Intensification* (SRI). Menurut Wardana *et al.* (2005), metode SRI bisa menjadi pilihan teknologi dalam menjalani usahatani padi karena ada efisiensi dalam penghematan air dan penggunaan input benih serta mendorong penggunaan pupuk organik, sehingga bisa menjaga kesuburan tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik. Hasil penelitian Kasli dan Arman (2012), menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode SRI yang dimodifikasi dengan mengubah tinggi permukaan air menjadi 10 cm dapat memberikan hasil yang maksimal pada tanaman padi. Selain mempertahankan keseimbangan lingkungan, juga perlu diperhatikan permasalahan yang menghambat pertumbuhan padi salah satunya yaitu permasalahan kesehatan dan kesuburan tanah yang perlu ditingkatkan.

Kondisi lahan pertanian Indonesia yang didominasi oleh pH rendah atau tanah masam dapat menyebabkan terjadi keracunan Al, Fe dan Mn. Tingginya kandungan unsur tersebut pada lahan pertanian dapat menghambat pertumbuhan akar dan translokasi P dan Ca ke tanaman, yang akhirnya akan mengakibatkan ketersediaan unsur hara semakin menurun (Hartati *et al.* 2021). Pemberian pupuk fosfor menjadi kurang efisien karena jumlah hara fosfor yang diberikan melalui pemupukan anorganik tidak dapat diserap secara optimal oleh tanaman. Menurut Larasati *et al.* (2018), unsur hara fosfor yang ditambahkan ke dalam tanah melalui pemupukan anorganik hanya sebesar 10-30% yang bisa dimanfaatkan oleh tanaman, yang berarti sekitar 70-90% pupuk fosfor tetap berada di dalam tanah dan tidak bisa dimanfaatkan oleh tanaman. Ketersediaan unsur hara esensial seperti unsur hara fosfor merupakan faktor pembatas pertumbuhan tanaman karena cenderung terikat pada mineral yang mengandung Al, Fe dan Ca sehingga menyebabkan jumlah fosfor rendah dalam tanah.

Penurunan pupuk fosfor dapat diatasi dengan pemberian pupuk fosfor. Pemberian pupuk P menjadi kurang efisien karena jumlah hara fosfor yang diberikan melalui pemupukan tidak dapat diserap secara optimal oleh tanaman. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk meningkatkan efisiensi pemupukan. Salah satunya yaitu diperlukan input biologi berupa pupuk hayati untuk meningkatkan kandungan fosfor dan kesuburan biologi tanah serta ketersediaan hara bagi tanaman.

Pupuk hayati yang digunakan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara fosfor dalam tanah yang sering digunakan adalah bakteri pelarut fosfat (BPF). BPF adalah bakteri tanah yang dapat melarutkan fosfat dari yang tidak larut menjadi larut sehingga tersedia didalam tanah dan dapat diserap oleh tanaman. Selain meningkatkan fosfat dalam tanah juga dapat berperan pada metabolisme vitamin D memperbaiki pertumbuhan akar tanaman dan meningkatkan serapan hara (Wulandari, 2001). Menurut Widawati dan Suliasih (2006a), bakteri *Pseudomonas* sp., *Bacillus megaterium*, *Bacillus* sp. dan *Chromobacterium* sp. merupakan bakteri pelarut fosfat yang memiliki kemampuan terbesar sebagai *biofertilizer* yaitu dengan cara melarutkan unsur fosfat yang terikat pada unsur lain seperti pada unsur Fe, Al, Ca, dan Mg, sehingga unsur fosfor tersebut menjadi tersedia bagi tanaman.

Unsur fosfor (P) sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yaitu sebagai salah satu hara makro. Pemberian pupuk P yang diiringi dengan pemberian BPF dapat memicu pertumbuhan akar tanaman yang lebih baik dan meningkatkan serapan hara tanaman. Pada pemberian BPF berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan padi sawah pada umur 6 MST dan 8 MST. Rata-rata pertumbuhan jumlah anakan tertinggi umur 6 MST dan 8 MST terdapat pada perlakuan pemberian BPF yaitu masing-masing sebesar 4,4 anakan dan 3,4 anakan (Syahputra *et al.*, 2018).

Kebutuhan akan unsur P pada tanaman padi menjadi hal yang mutlak harus terpenuhi karena ketersediaan unsur ini pada tanah sawah tergolong rendah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, selain pemberian BPF, maka diperlukan input pupuk P. Pupuk P yang ditambahkan dari luar berupa pupuk TSP, dosis pupuk TSP digunakan dalam kadar rendah agar pemberian BPF dapat menunjukkan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan padi sawah. Pupuk triple super posfat (TSP) memiliki kandungan P₂O₅ yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa pupuk anorganik sumber P yang lain, mencapai 43%-45%, sehingga lebih baik digunakan untuk meningkatkan unsur hara P pada tanah yang miskin unsur hara fosfat (Purba *et al.*, 2017). Berkaitan dengan hal tersebut, penambahan unsur P sangatlah penting untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari pemberian interaksi bakteri pelarut fosfat (BPF) dan pupuk fosfor serta untuk mendapatkan dosis terbaik terhadap pertumbuhan padi sawah (*Oryza sativa* L.).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi FMIPA dan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Riau Kampus Bina Widya Km 12,5 Kelurahan Simpang Baru, Kecamatan Tampan, Kota Pekanbaru. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai bulan Juni 2020. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih padi sawah varietas Batang Piaman, tanah Ultisol, pupuk kandang, pupuk Urea, pupuk TSP, pupuk KCl, air, polybag ukuran 25 cm x 25 cm, insektisida Decis 250 EC, media *pikovskaya* serta pupuk hayati BPF cair. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, parang, ayakan tanah, jaring, amplop, plastik *polyethilen*, gunting, pisau, ember besar ukuran 30 cm x 50 cm, gembor, *mistar*, bak semai, timbangan digital dan alat tulis, sabit, dan kamera digital.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama yaitu pemberian dosis pupuk fosfor (P) yang terdiri dari 3 taraf yaitu tanpa pupuk fosfor (P₀), pupuk fosfor 0,25 g per polybag (P₁), Pupuk fosfor 0,50 g per polybag (P₂). Faktor kedua adalah pemberian bakteri pelarut

fosfat (B) yang terdiri dari 3 taraf yaitu BPF 35 ml per polybag (B₁), BPF 40 ml per polybag (B₂), BPF 45 ml per polybag (B₃). Kedua faktor diinteraksikan, diperoleh 9 interaksi perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang 3 kali, sehingga terdapat 27 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 5 tanaman, sehingga mendapatkan 135 tanaman.

Pembuatan Pupuk Hayati BPF

Pembuatan pupuk hayati BPF dibuat dengan beberapa tahapan yaitu (1) pembuatan media *pikovskaya* cair dan padat dengan cara sebanyak 10 g glukosa, 0,5 g ekstrak yeast, 0,5 g (NH₄)₂SO₄, 0,002 g FeSO₄.7H₂O, 0,002 g MnSO₄.H₂O, 0,1 g MgSO₄.7H₂O, 0,2 g KCl, 0,2 g NaCl, 5 g Ca₃(PO₄) dilarutkan dalam 1000 ml aquades, kemudian medium dipanaskan hingga larutan homogen dan disterilkan dengan menggunakan *autoclave* pada suhu 121⁰C selama 15 menit dengan tekanan 15 psi, sedangkan untuk pembuatan *pikovskaya* padat ditambahkan sebanyak 20 g agar. (Ulfiyati dan Zulaika, 2015). (2) medium air kelapa untuk produksi BPF, sebanyak 20 liter limbah air kelapa tua yang telah disaring menggunakan saringan santan kelapa dan kertas saring kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing *erlenmeyer* sebanyak 20 buah dan ditambahkan gula merah sebanyak 2%, setelah itu diautoklaf selama 15 menit pada suhu 121⁰C dengan tekanan 15 psi. (3) Peremajaan isolat BPF, dilakukan dengan cara menginokulasi kembali isolat Bakteri Pelarut Fosfat (BB_K9) asal gambut Riau koleksi dari Laboratorium Biologi FMIPA UNRI tersebut pada medium *pikovskaya* agar miring dengan menggoreskan isolat pada permukaan agar dan diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. (4) Pembuatan starter BPF, dilakukan dengan cara bakteri yang sudah diremajakan pada media *pikovskaya* padat, kemudian ditumbuhkan lagi ke *pikovskaya* cair sebanyak 15 ml dan 135 ml, lalu di *shaker* selama 24 jam dengan kecepatan 150 rpm pada suhu ruang, kemudian starter sebanyak 15 ml tersebut dimasukkan ke dalam 135 ml *pikovskaya* cair dan di *shaker* selama 24 jam dengan kecepatan 150 rpm pada suhu ruang. (5) Produksi BPF cair, dilakukan dengan cara sebanyak 150 ml dari masing-masing hasil starter BPF cair diinokulasikan kedalam 850 ml medium fermentasi steril, kemudian diinkubasi dan difermentasi secara reguler serta diagitasi hingga BPF digunakan, untuk produksi BPF 1 liter membutuhkan starter sebanyak 150 ml.

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan kegiatan dilakukan dengan beberapa tahap yaitu penyeleksian benih padi sawah, persemaian benih yang dilakukan selama 15 hari, persiapan tempat penelitian yang akan digunakan dibersihkan dari gulma, persiapan media tanam yang digunakan yaitu tanah sawah atau tanah ultisol yang di ayak dengan mesh ukuran 25 kemudian dimasukan ke dalam polybag dan disusun kedalam ember yang berisi air setinggi 10 cm di bawah permukaan ember, pemberian perlakuan yaitu dengan cara BPF diberikan ke dalam media tanam pada saat umur 0 HST, 25 HST dan 50 HST dan pemberian pupuk fosfor hanya dilakukan pada umur 0 HST sesuai dengan perlakuan, setelah itu dilakukan kegiatan penanaman dengan cara menanam bibit padi yang sudah disemai kedalam masing-masing polybag, pemberian pupuk anorganik yaitu pupuk Urea (N) dengan dosis 1 g per polybag, pupuk KCL dengan dosis 0,5 g per polybag dan pupuk TSP sesuai dengan perlakuan, kemudian kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah kegiatan penanaman sampai pemanenan dan untuk kegiatan panen dilakukan pada saat tanaman padi lebih kurang 80% telah memenuhi kriteria panen.

Parameter Pengamatan dan Analisis Data

Parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman (cm), jumlah anakan (batang), laju pertumbuhan tanaman (LPT) ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ per minggu) dengan menggunakan rumus yaitu: $\text{LPT} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$, laju asimilasi bersih (LAB) ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ per minggu) dengan menggunakan rumus yaitu:

$$\text{LAB} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{A_2 - A_1}$$

$$\text{RTA} = \frac{\text{Berat kering tajuk tanaman}}{\text{Berat kering akar tanaman}}$$

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan sidik ragam dan hasil sidik ragam di uji lanjut dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5% menggunakan sistem aplikasi satker (SAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Hasil uji lanjut BNJ pada taraf 5% terhadap tinggi tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi tanaman padi (cm) pada pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk fosfor

Pupuk Fosfor (g per polybag)	Bakteri Pelarut Fosfat (ml per polybag)			Rata-Rata
	35	40	45	
0	96,89 a	97,17 a	97,28 a	97,11 a
0,25	97,33 a	97,50 a	97,61 a	97,48 a
0,50	97,72 a	97,78 a	98,06 a	97,85 a
Rata-Rata	97,31 a	97,48 a	97,65 a	

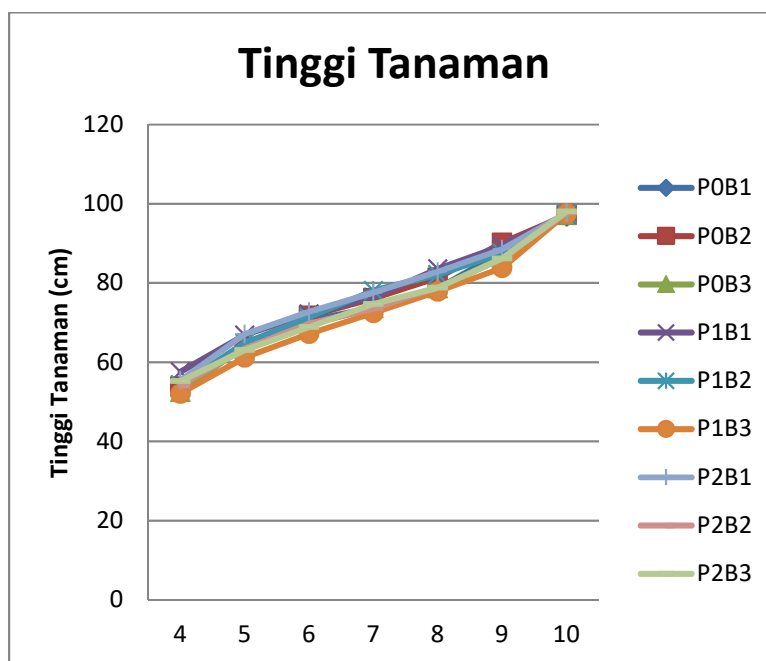
Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom atau baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut BNJ pada taraf 5%.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian BPF dan pupuk fosfor memberikan hasil tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman. Tinggi tanaman yang dihasil berkisar antara 96,89 cm – 98,06 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian BPF dan pupuk fosfor tidak mampu meningkatkan tinggi tanaman padi sawah varietas Batang Piaman. Hal tersebut diduga karena tinggi tanaman padi lebih dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara nitrogen dari pada unsur hara fosfor, sehingga perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman padi. Menurut Widiyawati *et al.* (2014), tinggi tanaman padi sawah dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara nitrogen dalam tanah karena nitrogen berfungsi untuk pembentukan protoplasma, memperbanyak dan memperpanjang sel tanaman termasuk bagian batang tanaman yang akhirnya dapat meningkatkan tinggi tanaman.

Pemberian BPF dan pupuk fosfor yang didominasi oleh unsur fosfor tidak terlalu berpengaruh terhadap tinggi tanaman, karena tinggi tanaman juga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur nitrogen dalam tanah yang akan diserap oleh akar tanaman. Menurut Lakitan (2007), menyatakan bahwa unsur nitrogen merupakan bahan dasar yang digunakan untuk membentuk protein dan asam amino. Protein dan asam amino yang dihasilkan akan dimanfaatkan untuk proses metabolisme tanaman yang akhirnya akan mempengaruhi pertumbuhan organ tanaman seperti pembentukan batang, daun dan akar tanaman. Menurut Subawo *et al.* (2010), unsur hara nitrogen yang diserap oleh tanaman berguna untuk merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan yaitu meliputi pembentukan daun, batang dan akar tanaman, selain itu juga berfungsi untuk sintesa tanaman. Pernyataan di atas

menunjukkan bahwa pemberian perlakuan dengan dosis berbeda yang didominasi oleh kandungan unsur hara fosfor tidak dapat mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman padi sawah Varietas Batang Piaman.

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter pengamatan yang terlihat untuk bisa dijadikan acuan melihat pengaruh perlakuan. Tinggi tanaman selain dianalisis secara statistik juga akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik tinggi tanaman pada umur 4 minggu setelah tanam (MST) – 10 MST disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Tinggi Tanaman pada Umur 4 MST – 10 MST

Gambar 1 menunjukkan bahwa pemberian interaksi BPF dan pupuk fosfor dengan dosis yang berbeda memberikan hasil perkembangan yang relatif sama pada pertumbuhan tinggi tanaman padi sawah varietas Batang Piaman pada setiap minggu. Pertumbuhan tinggi tanaman padi yang diberi BPF dan pupuk fosfor pada minggu ke-4 hingga minggu ke-10 menunjukkan peningkatan tinggi tanaman padi yang hampir sama pada masing-masing taraf perlakuannya. Peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman padi pada minggu ke-4 hingga minggu ke-10 pada masing-masing taraf perlakuannya yang terjadi tidak berbeda. Hal tersebut diduga karena pemberian perlakuan BPF dan pupuk fosfor pada minggu ke-4 hingga minggu ke-10 tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, karena tinggi tanaman lebih dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara nitrogen dalam tanah.

Menurut Zahrah (2011), ketersediaan unsur nitrogen yang cukup dan dapat diserap oleh tanaman dapat meningkatkan kandungan klorofil pada daun, sehingga asimilat yang dihasilkan oleh tanaman lebih banyak dan mengakibatkan pertumbuhan tanaman lebih baik. Menurut Doberman dan Fairhurst (2000), unsur fosfor selain berfungsi untuk memacu pembentukan akar dan penambahan jumlah anakan juga berfungsi untuk mempercepat dalam pembungaan dan pemasakan gabah. Pernyataan di atas menunjukkan bahwa tinggi tanaman lebih dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara nitrogen dari pada unsur hara fosfor, sehingga peningkatan tinggi tanaman padi pada minggu ke-4 hingga ke-10 terlihat sama pada masing-masing taraf perlakuannya.

Jumlah Anakan Maksimum

Hasil uji lanjut BNJ pada taraf 5% terhadap jumlah anakan tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah anakan maksimum tanaman padi (batang) pada pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk fosfor

Pupuk Fosfor (g per polybag)	Bakteri Pelarut Fosfat (ml per polybag)			Rata-Rata
	35	40	45	
0	16,33 a	16,67 a	17,33 a	16,78 c
0,25	17,56 a	18,00 a	19,11 a	18,22 b
0,50	19,78 a	19,44 a	21,00 a	20,07 a
Rata-Rata	17,89 b	18,04 b	19,15 a	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom atau baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut BNJ pada taraf 5%.

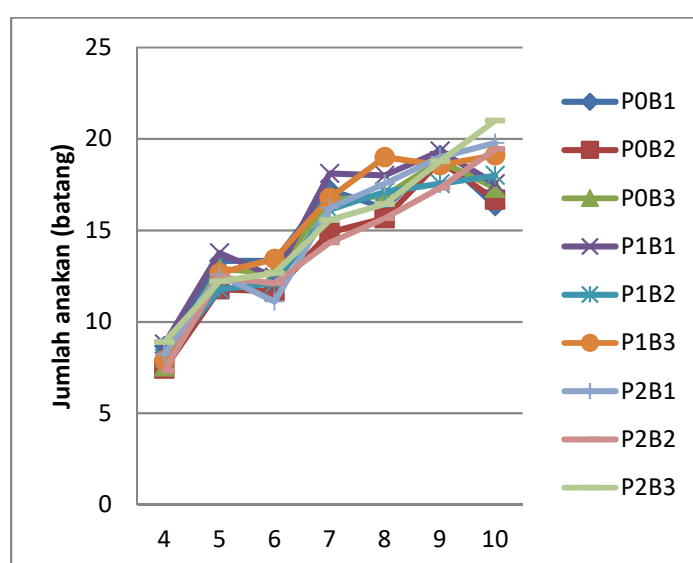
Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag berbeda nyata dengan pemberian pupuk fosfor dosis 0,25 g per polybag dan tanpa pemberian pupuk fosfor terhadap jumlah anakan maksimum. Pemberian pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag dapat menghasilkan jumlah anakan terbanyak yaitu 20,07 batang anakan tanaman padi dibandingkan dengan taraf perlakuan yang lain. Hal tersebut diduga karena pupuk fosfor yang diberikan dengan dosis tertinggi dapat menyediakan ketersediaan unsur fosfor yang cukup untuk tanaman padi, dimana unsur fosfor berfungsi sebagai unsur hara pelengkap dalam proses metabolisme tanaman. Menurut Faizin *et al.* (2015), semakin banyak fosfor yang diberikan maka semakin tinggi juga kandungan fosfor dalam tanah, sehingga fosfor yang diikat oleh koloid tanah juga meningkat yang akhirnya akan meningkatkan P-total dalam tanah. P-total adalah akumulasi fosfor yang terlarut dan fosfor yang tidak terlarut dalam tanah, akan tetapi berpotensi menjadi bentuk tersedia dalam tanah.

Menurut Karasawa *et al.* (2001), unsur hara fosfor merupakan unsur pelengkap dalam membantu proses pembentukan enzim, protein dan inti sel serta bahan dasar untuk membantu proses asimilasi dan respirasi. Selain itu, unsur hara fosfor juga sangat dibutuhkan oleh tanaman pada masa awal pertumbuhan tanaman. Menurut Abdurachman *et al.* (2009), tanaman padi sangat membutuhkan unsur hara fosfor terutama pada masa awal pertumbuhan, karena pada saat awal pertumbuhan tanaman fosfor berfungsi sebagai pemacu untuk pembentukan akar tanaman dan penambahan jumlah anakan. Pernyataan di atas menunjukkan bahwa unsur fosfor dapat meningkatkan jumlah anakan maksimum tanaman padi.

Pemberian BPF dosis 45 ml per polybag berbeda nyata dengan pemberian BPF dosis 40 ml per polybag dan pemberian BPF dosis 35 ml per polybag terhadap jumlah anakan maksimum. Pemberian BPF dosis 45 ml per polybag dapat menghasilkan jumlah anakan terbanyak yaitu 19,15 batang anakan tanaman padi dibandingkan dengan taraf perlakuan yang lain. Hal ini diduga karena pemberian BPF dengan dosis tertinggi dapat menghasilkan hormon pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan taraf perlakuan yang lainnya, sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman salah satunya dalam meningkatkan jumlah anakan maksimum tanaman padi sawah varietas Batang Piaman. Menurut Effendi *et al.* (2020), pemberian BPF dosis 40 ml per polybag dapat meningkatkan jumlah anakan tertinggi tanaman padi sawah varietas Batang piaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian BPF dengan dosis yang lebih tinggi yaitu 45 ml per polybag juga dapat meningkatkan jumlah anakan maksimum tanaman padi varietas Batang Piaman.

Menurut Sukarti (2013), BPF yang digunakan dengan kode BB_K9 dapat menghasilkan hormon IAA sebesar $2,75 \pm 0,65$ yang berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dengan cara merangsang dan mengatur pembesaran sel serta memacu penyerapan air dan nutrisi yang akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Hormon yang dihasilkan oleh bakteri tersebut dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan jumlah anakan pada tanaman padi. Spaepen *et al.* (2007), mengatakan bahwa hormon IAA yang dihasilkan oleh bakteri dimanfaatkan tanaman dan mengalami proses metabolisme di dalam tubuh tanaman sehingga dapat membantu proses pertumbuhan tanaman, penambahan berat basah dan panjang akar tanaman.

Jumlah anakan selain dianalisis secara statistik juga akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik perkembangan jumlah anakan pada umur 4 MST – 10 MST ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 2. Grafik Perkembangan Jumlah anakan pada Umur 4 MST – 10 MST

Gambar 2 menunjukkan bahwa pemberian interaksi BPF dan pupuk fosfor dengan dosis yang berbeda memberikan hasil pertambahan jumlah anakan padi sawah varietas Batang Piaman yang berbeda juga pada setiap minggunya. Pertambahan jumlah anakan yang diberi interaksi BPF dan pupuk fosfor pada minggu ke-4 hingga minggu ke-5 menunjukkan pertambahan jumlah anakan tertinggi yaitu sekitar 5 batang anakan tanaman padi, pada minggu ke-5 hingga minggu ke-6 menunjukkan pertambahan jumlah anakan yaitu sekitar 1 batang anakan tanaman padi, pada minggu ke-6 hingga minggu ke-9 menunjukkan pertambahan jumlah anakan yaitu sekitar 3 batang anakan tanaman padi, sedangkan pada minggu ke-10 menunjukkan hasil yang berbeda pada masing-masing taraf perlakuannya.

Pertumbuhan jumlah anakan minggu ke-10 pada masing-masing taraf perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda, dimana pada pertumbuhan jumlah anakan pada minggu ke-10 ini ada yang mengalami penurunan dan pertambahan jumlah anakan tanaman padi. Penurunan jumlah anakan tanaman padi sawah varietas Batang Piaman terdapat pada interaksi perlakuan P0B1, P0B2, P0B3 dan P1B1 sebanyak 1-3 anakan tanaman padi yang berkurang pada perlakuan tersebut, sedangkan pertambahan jumlah anakan terdapat pada interaksi perlakuan P1B2, P1B3, P2B1, P2B2 dan P2B3 sebanyak 1-3 pertambahan jumlah anakan tanaman padi. Hal ini diduga karena kandungan dosis interaksi perlakuan yang

diberikan belum mampu mencukupi ketersediaan unsur hara fosfor untuk meningkatkan jumlah anakan, dimana pada dosis yang paling rendah pada minggu ke-10 yaitu P0B1 mengalami penurunan anakan maksimum sebanyak 3 anakan maksimum, sedangkan pada perlakuan tertinggi yaitu P2B3 mengalami pertambahan anakan maksimum sebanyak 3 anakan maksimum. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan dosis perlakuan yang diberikan pada minggu ke-10 maka pertambahan jumlah anakan juga tinggi dan sebaliknya. Namun pertambahan jumlah anakan belum dapat meningkat dengan baik karena pemberian interaksi BPF dan pupuk fosfor belum mampu mencukupi ketersediaan unsur fosfor yang dibutuhkan tanaman padi untuk meningkatkan jumlah anakan tanaman padi sawah varietas Batang Piaman.

Menurut Nursyamsi dan setyorini (2009), ketersediaan unsur hara fosfor yang cukup sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bagian vegetatif dan reproduktif tanaman, meningkatkan kualitas hasil tanaman serta menjaga ketahanan tanaman terhadap penyakit. Menurut Darman (2008), serapan fosfor tanaman sangat ditentukan oleh konsentrasi fosfor yang terdapat dalam tanah serta kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara fosfor tersebut. Pernyataan di atas menunjukkan bahwa ketersediaan unsur hara fosfor yang cukup dalam tanah mempengaruhi pertumbuhan tanaman salah satunya yaitu pertambahan jumlah anakan tanaman padi.

Laju Pertumbuhan Tanaman

Hasil uji lanjut BNJ pada taraf 5% terhadap laju pertumbuhan tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Laju pertumbuhan tanaman padi (g.cm^{-2} per minggu) pada pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk fosfor

Pupuk Fosfor (g per polybag)	Bakteri Pelarut Fosfat (ml per polybag)			Rata-Rata
	35	40	45	
0	9,34 b	10,33 b	12,33 b	10,67 b
0,25	11,23 b	12,18 b	12,85 b	12,08 b
0,50	13,00 b	14,29 b	22,67 a	16,65 a
Rata-Rata	11,19 b	12,27 b	15,95 a	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom atau baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut BNJ pada taraf 5%.

Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag berbeda nyata dengan pemberian pupuk fosfor dosis 0,25 g per polybag dan tanpa pemberian pupuk fosfor terhadap laju pertumbuhan tanaman. Pemberian pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag menghasilkan laju pertumbuhan tanaman tertinggi yaitu $16,65 \text{ g.cm}^{-2}$ per minggu dibandingkan dengan taraf perlakuan yang lainnya. Hal tersebut diduga karena pemberian pupuk fosfor dengan dosis yang tinggi dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara fosfor dalam tanah dibandingkan dengan pupuk fosfor dosis yang rendah, sehingga unsur hara fosfor yang diserap oleh tanaman padi juga tinggi dan dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman padi sawah varietas Batang Piaman. Menurut Salisbury dan Ross (1995), peningkatan serapan hara fosfor dalam tanah dapat membantu untuk memacu proses fisiologi dan metabolisme tanaman sehingga dapat meningkatkan hasil fotosintesis dan berbagai senyawa organik hasil metabolisme dalam tanaman. Peningkatan hasil fotosintesis dan

metabolisme tanaman oleh pemberian pupuk fosfor dengan dosis yang tinggi dapat meningkatkan biomassa tanaman yang akhirnya akan meningkatkan laju pertumbuhan tanaman.

Pemberian BPF dosis 45 ml per polybag berbeda nyata dengan pemberian BPF dosis 40 ml per polybag dan pemberian BPF dosis 35 ml per polybag terhadap laju pertumbuhan tanaman. Pemberian dosis 45 ml per polybag dapat menghasilkan laju pertumbuhan tanaman yang tertinggi yaitu $15,95 \text{ g.cm}^{-2}$ per minggu dibandingkan dengan taraf perlakuan yang lainnya. Hal tersebut diduga karena jumlah koloni bakteri yang dihasilkan dari pemberian BPF dengan dosis yang tinggi yaitu 45 ml per polybag lebih tinggi dan mampu melepaskan unsur fosfor yang terikat sesuai dengan kebutuhan tanaman dibandingkan dengan pemberian BPF dengan dosis yang lebih rendah. Pernyataan tersebut dapat dilihat dari hasil analisis *Total Plate Count* (TPC) tanah yang telah diberi perlakuan, dimana pada perlakuan tertinggi yaitu P2B3 menghasilkan jumlah koloni bakteri yang paling banyak dibandingkan perlakuan lainnya.

BPF mampu melepaskan unsur fosfor yang terikat didalam tanah sehingga dapat diserap oleh tanaman dan membantu pertumbuhan tanaman salah satunya dalam meningkatkan biomassa tanaman. Menurut Boraste *et al.* (2009), BPF memiliki peran penting dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara fosfor bagi tanaman. Penyebab peningkatan unsur hara fosfor diakibatkan oleh BPF mampu mengeluarkan asam-asam organik seperti asam sitrat, suksinat, glutamate dan glioksalat yang dapat membantu melepaskan unsur fosfor yang terikat pada Fe, Ca, Al dan Mg sehingga larut dan tersedia oleh tanaman.

Pemberian BPF 45 ml per polybag dan pupuk fosfor 0,50 g per polybag berbeda nyata dengan pemberian interaksi taraf perlakuan yang lainnya terhadap laju pertumbuhan tanaman. Pemberian BPF 45 per polybag dan pupuk fosfor 0,50 g per polybag menghasilkan laju pertumbuhan tanaman tertinggi yaitu $22,67 \text{ g.cm}^{-2}$ per minggu dibandingkan dengan interaksi taraf perlakuan yang lainnya. Hal ini diduga karena pemberian perlakuan dengan dosis interaksi tertinggi yaitu BPF 45 per polybag dan pupuk fosfor 0,50 g per polybag tersebut mampu menyediakan unsur fosfor dengan kadar tinggi dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman padi sawah varietas Badang Piaman dibandingkan dengan interaksi taraf perlakuan yang lainnya.

Pernyataan tersebut dapat dilihat dari hasil analisis TPC tanah yang telah diberi perlakuan, dimana pada perlakuan P2B3 (BPF dosis 45 ml per polybag dan pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag) menghasilkan jumlah koloni bakteri yang paling banyak dibandingkan perlakuan lainnya. Pemberian BPF dengan dosis 45 ml per polybag mampu melepaskan fosfor terikat di dalam tanah sehingga fosfor dapat tersedia oleh tanaman dan juga penambahan unsur fosfor yang diberikan dengan pemberiaan pupuk fosfor anorganik juga mampu membantu ketersediaan unsur hara fosfor yang dibutuhkan oleh tanaman padi dibandingkan perlakuan yang lainnya. Ketersediaan unsur fosfor yang cukup bagi tanaman dapat membantu dalam meningkatkan laju fotosintesis yang akhirnya dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman.

Menurut Andreeilee (2015), laju pertumbuhan tanaman merupakan perhitungan agar dapat melihat tingkatan pertambahan biomassa tanaman pada setiap umur tanaman per satuan luasan tertentu. Tinggi rendahnya laju pertumbuhan tanaman selain dipengaruhi oleh umur tanaman, namun juga erat kaitannya dengan ketersediaan unsur hara dalam tanah untuk membantu proses pertumbuhan tanaman. Unsur hara yang diserap akan mempengaruhi tinggi rendahnya tingkat produksi tanaman. Tingginya hasil produksi tanaman akan dapat

meningkatkan hasil pertambahan biomassa tanaman sehingga laju pertumbuhan tanaman juga akan meningkat.

Laju Asimilasi Bersih

Hasil uji lanjut BNJ pada taraf 5% terhadap laju asimilasi bersih tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Laju asimilasi bersih tanaman padi ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ per minggu) pada pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk fosfor

Pupuk Fosfor (g per polybag)	Bakteri Pelarut Fosfat (ml per polybag)			Rata-Rata
	35	40	45	
0	0,24 b	0,26 b	0,28 b	0,26 b
0,25	0,26 b	0,27 b	0,30 b	0,28 b
0,50	0,31 b	0,32 b	0,54 a	0,39 a
Rata-Rata	0,27 b	0,28 b	0,37 a	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom atau baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut BNJ pada taraf 5%.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pemberian pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag berbeda nyata dengan pemberian pupuk fosfor dosis 0,25 g per polybag dan tanpa pemberian pupuk fosfor terhadap laju asimilasi bersih. Pemberian pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag menghasilkan laju asimilasi bersih tertinggi yaitu $0,39 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ per minggu dibandingkan dengan taraf perlakuan yang lainnya. Hal tersebut diduga karena pemberian pupuk fosfor dengan dosis yang tinggi yaitu 0,50 g per polybag lebih mampu mencukupi ketersediaan unsur fosfor yang dibutuhkan tanaman padi untuk meningkat laju asimilasi bersih dibandingkan dengan taraf perlakuan yang lainnya. Menurut Booromand dan Grough (2012), unsur hara fosfor dalam tanaman padi berperan sangat penting dalam meningkatkan efisiensi kerja kloroplas yang berperan dalam suplai dan tranfer energi pada seluruh proses biokimia tanaman, sehingga dapat meningkatkan laju asimilasi bersih. Laju asimilasi bersih mencerminkan rata-rata efisiensi fotosintesis.

Pemberian BPF dosis 45 ml per polybag berbeda nyata dengan pemberian BPF dosis 40 ml per polybag dan pemberian BPF dosis 35 ml per polybag terhadap laju asimilasi bersih. Pemberian BPF dengan dosis yang tinggi yaitu 45 ml per polybag menghasilkan nilai laju asimilasi bersih tertinggi yaitu sebesar $0,37 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ per minggu dibandingkan dengan taraf perlakuan yang lainnya. Hal ini diduga karena pemberian BPF 45 ml per polybag mampu melepaskan unsur fosfor yang terikat dalam tanah sehingga dapat tersedia untuk kebutuhan tanaman padi dibandingkan dengan perlakuan BPF dengan dosis yang lainnya. Menurut Joseph (2004), *Bacillus* sp. yang tergolong sebagai salah satu kelompok BPF memiliki kemampuan sebagai pelarut fosfat dan dapat melepaskan unsur fosfor terikat dalam tanah sehingga unsur fosfor lebih tersedia untuk diserap oleh tanaman.

Hasil penelitian Yulandari (2019), menunjukkan bahwa pemberian BPF dengan dosis 40 ml per polybag dapat meningkatkan laju asimilasi bersih tanaman padi sawah varietas Batang Piaman dibandingkan dengan kontrolnya. Hasil tersebut menjelaskan bahwa pemberian BPF dengan dosis yang lebih tinggi yaitu 45 ml per polybag juga dapat meningkatkan laju asimilasi bersih tanaman padi. Pemberian BPF dengan dosis yang tinggi

akan meningkatkan jumlah koloni bakteri dalam tanah yang akan membantu dalam melepaskan unsur fosfor yang terikat menjadi unsur fosfor tersedia dalam tanah.

Pemberian interaksi BPF dosis 45 ml per polybag dan pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag berbeda nyata dengan pemberian interaksi taraf perlakuan yang lainnya terhadap laju asimilasi bersih. Pemberian interaksi perlakuan dengan dosis yang tinggi yaitu BPF 45 ml per polybag dan pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag menghasilkan laju asimilasi bersih tertinggi yaitu 0,54 g.cm⁻² per minggu dibandingkan dengan interaksi taraf perlakuan yang lainnya. Hal tersebut diduga karena pemberian interaksi perlakuan dengan dosis BPF dan pupuk fosfor yang tinggi dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara fosfor dalam tanah dibandingkan dengan interaksi taraf perlakuan yang lainnya dalam meningkatkan laju asimilasi bersih. Rauf (2010), mengatakan bahwa unsur fosfor yang diserap oleh tanaman dapat membantu proses asimilasi pada tanaman. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi fosfor yang diserap oleh tanaman maka proses asimilasi yang terjadi juga akan cepat. Hasil penelitian Noor (2003), menunjukkan bahwa penggunaan BPF yang dikombinasikan dengan pupuk fosfat alam mampu meningkatkan hasil bobot kering tanaman kedelai dibandingkan dengan kontrolnya. Hasil tersebut membuktikan bahwa pemberian BPF yang dibarengi dengan pemberian pupuk yang mengandung unsur fosfor dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pangan.

Laju asimilasi bersih selain dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara juga dipengaruhi oleh luas daun dan cahaya. Menurut Maisura *et al.* (2020), laju asimilasi bersih merupakan produksi bahan kering per satuan luas daun per satuan waktu. Hal tersebut dapat diartikan bahwa daun dan cahaya merupakan salah satu faktor penentu dalam pembentukan hasil asimilasi. Semakin luas daun dan semakin banyak cahaya yang diserap oleh tanaman maka hasil asimilasi juga akan semakin tinggi.

Rasio Tajuk Akar

Hasil uji lanjut BNJ pada taraf 5% terhadap rasio tajuk akar tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rasio tajuk akar tanaman padi pada pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk fosfor

Pupuk Fosfor (g per polybag)	Bakteri Pelarut Fosfat (ml per polybag)			Rata-Rata
	35	40	45	
0	2,26 a	2,68 a	2,79 a	2,58 a
0,25	2,71 a	3,30 a	2,75 a	2,92 a
0,50	3,45 a	3,36 a	3,61 a	3,47 a
Rata-Rata	2,81 a	3,11 a	3,05 a	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom atau baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut BNJ pada taraf 5%.

Tabel 5 menunjukkan bahwa pemberian interaksi BPF dan pupuk fosfor memberikan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap rasio tajuk akar. Pemberian BPF dan pupuk fosfor tidak berpengaruh terhadap parameter rasio tajuk akar padi sawah Varietas Batang Piaman. Hal tersebut disebabkan oleh ketersediaan unsur fosfor yang dihasilkan dari pemberian BPF dan pupuk fosfor belum mampu diserap secara optimal oleh akar tanaman, sehingga nilai rasio tajuk akar menunjukkan hasil yang cenderung sama terhadap masing-masing taraf perlakuan yang diberikan.

Kemampuan akar dalam menyerap unsur hara dalam tanah menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, tinggi rendahnya nilai rasio tajuk akar yang dihasil oleh suatu tanaman tergantung pada kemampuan sistem perakaran dalam menyerap unsur hara dan tinggi rendah ketersediaan unsur hara yang ada dalam tanah. Menurut Gardner *et al.* (1991), rasio tajuk akar adalah parameter yang menggambarkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara dan juga metabolisme yang mendukung pertumbuhan tanaman. Faktor yang mempengaruhi sistem perakaran tanaman adalah sifat genetik tanaman dan kondisi tanah sebagai media tumbuh tanaman.

Akar tanaman akan dapat bekerja optimal dalam menyerap unsur hara yang tersedia dalam tanah apabila memiliki sifat genetik yang baik dan memiliki media tumbuh yang baik bagi tanaman atau sebaliknya, sehingga dapat meningkatkan nilai rasio tajuk akar tanaman. Menurut Lakitan (2011), pertumbuhan sistem perakaran tanaman tidak dapat bekerja optimal apabila kondisi tanah sebagai tempat media tumbuhnya tidak pada kondisi yang baik atau optimal, namun jika terjadi kebalikannya maka kerja sistem perakaran tanaman sepenuhnya dipengaruhi oleh sifat genetik tanaman. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa tinggi rendahnya nilai rasio tajuk akar tanaman padi Varietas Batang Piaman tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara di dalam tanah saja, akan tetapi juga dipengaruhi oleh sistem perakaran tanaman yang kemungkinan besar juga dipengaruhi oleh sifat genetik dari tanaman itu sendiri.

KESIMPULAN

Pemberian interaksi BPF dan pupuk fosfor berpengaruh terhadap parameter laju pertumbuhan tanaman, laju asimilasi bersih, tetapi tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan dan rasio tajuk akar. Interaksi perlakuan terbaik dari hasil penelitian yaitu pada pemberian BPF dosis 45 ml per polybag dan pupuk fosfor dosis 0,50 g per polybag karena dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi sawah Varietas Batang Piaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrachman, S., H. Sembiring, dan Suyamto. 2009. Pemupukan Tanaman Padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Pusat penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Jakarta.
- Andreeilee, B. F. 2015. Pengaruh Interaksi Bahan Organik dan Berbagai Dosis Azola (*Azolla Pinnata*) pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza Sp.*) Varietas Ciherang. Tesis. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Produksi Padi Menurut Provinsi (ton). <https://www.bps.go.id>. Diakses tanggal 29 November 2019.
- Booromand, N. And M. S. H. Grough. 2012. Macroelements nutrition (NPK) of medicinal plants. *Journal Med Plants Res.* 6: 2249-2255.
- Boraste, K. K. Vamsi, A. Jhadav, Y. Khaimar, N. Gupta, S. Trivedi, P. Patil, G. Gupta, M. Gupta, A. K. Mujapara and B. Joshi. 2009. Biofertilizer: a novel tool for agriculture. *International Journal of Microbiolog.* 23-31.
- Darman, S. 2008. The availability and uptake of phosphorous nutrient by sweet corn in palolo oxic dystrodepts added with extract of cacao fruit waste compost. *Journal Agroland.* 15: 323-329.

- Doberman, A. dan T. Fairhurst. 2000. Nutrient Disorders and Nutrient Management. International Rice Research Institute. Manila. Philippines.
- Effendi, A. AR, A. Hamzah, E. Zuhry, E. Ariani and Irfandi. 2020. Effect of phosphate solvent bacteria to growth and production of paddy (*Oryza sativa L.*) plants using modified SRI. *SSRG International Journal of Agriculture and Environmental Science*. 2(7). 23-27.
- Faizin, N, M. Mardhiansyah dan D. Yoza. 2015. Respon pemberian beberapa dosis pupuk fosfor terhadap pertumbuhan semai akasia (*Acacia mangium Willd.*) dan ketersediaan fosfor di tanah. *JOM FAPERTA*. 2(2).
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchell, 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Terjemahan oleh: Herawati Susilo. UI Press. Jakarta.
- Hartati, R. D, M. Suryaman dan A. Saepudin. 2021. Pengaruh pemberian bakteri pelarut fosfat pada berbagai pH tanah terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max L. Merr.*) *Journal of Agrotechnology and Crop Science*. 1(1): 25-34.
- Joseph, W. 2004. Induced Sytemic Resistance and Promotion of Plant Growth by *Bacillus*. Spp. Phytopathology. USA.
- Karasawa, T. Y. Kasahara and M. Takebe. 2001. Variable response of growth and arbuscular mycorrhizal colonization of maize plants to preceding crops in various types of soils. *Biology and Fertility of Soils*. 33: 286-293.
- Kasli dan A. Effendi. 2012. Effect of various high puddles on the growth of *Aerenchyma* and the growth of rice plants (*Oriza sativa L*) in Pot. *Pakistan Journal of Nutrition*. 11(5):4 61-466.
- Lakitan, B. 2007. Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lakitan, B. 2011. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Larasati, E. D., Rukmi, M. G. I, Kusdiyantini, E, Ginting, R. C. B. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Gambut. *Bioma*. 20 (1): 1-8.
- Maisura, Jamidi Dan H. Asmaul. 2020. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa L.*) varietas IPB 3S pada beberapa sistem jajar legowo. *Jurnal Agrium*. 17(1): 34-44.
- Murdiantoro, B. 2011. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Padi di Desa Pulorejo Kecamatan Winong Kabupaten Pati. Tesis. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Noor, A. 2003. Pengaruh fosfat alam dan interaksi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang terhadap P tersedia dan pertumbuhan kedelai pada ultisol. *Buletin Agronomi*. 31(3): 100-106.
- Nursyamsi, D dan D. Setyorini. 2009. Ketersediaan P tanah-tanah netral dan alkalin. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 30: 25-36.
- Purba, S. T. Z., M. M. B. Damanik dan K. S. Lubis. 2017. Dampak pemberian pupuk TSP dan pupuk kandang ayam terhadap ketersediaan dan serapan fosfor serta pertumbuhan tanaman jagung pada tanah inseptisol Kwala Bekala. *Jurnal Agroekoteknologi Fakultas Pertanian USU*. 5(3): 638-643.
- Rauf, A. W., Syamsudin dan S. R. Sihombing. 2010. Peranan pupuk NPK pada tanaman padi. Departemen Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Irian Jaya.
- Salisbury, F. B. dan C. W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Spaepen S, Jos V, Roseline R, 2007. Indole 3 Acetic Acid in Microbial and Microorganism Plant Signaling. Departemen of Microbial and Moleculer Systems. Centre of Microbial and Plant Genetics. Belgium.
- Subowo, Y, W. Sugiharto, Suliasih dan S. Widawati, 2010. Pengujian pupuk hayati kalbar untuk meningkatkan produktivitas tanaman kedelai (*Glycine max L.*) varietas baluran. *Cakra Tani*. 25: 112- 118.

- Sukarti, S. 2013. Uji potensi bakteri pelarut fosfat asal ukit Batu Riau dalam menghasilkan hormon auksin sebagai pemacu pertumbuhan jagung (*Zea mays* L.). *JOM FMIPA*. 2(2): 1-8.
- Suprihatno, B., A. A. Daradjat, Satoto, Baehaki, Suprihanto, A. Setyono, S. D. Indrasari, I. P. Wardana dan H. Sembiring. 2010. Deskripsi varietas padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi.
- Syahputra, R., A. S. Hanafiah dan T. Sabrina 2018. Pengaruh pemberian azolla dan bakteri pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan produksi padi sawah (*Oryza sativa* L.) di tanah sulfat masam. *Jurnal Pertanian Tropik*. 5(2): 302-308.
- Ulfiyati, N dan E. Zulaika. 2015. Isolat *Bacillus* pelarut fosfat dari Kalimas Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 2(4): 2337-3520.
- Wardana, P. I., Juliardi, Sumedi, dan Iwan, S. 2005. Kajian Perkembangan System of Rice Intensification (SRI) di Indonesia. Jakarta: Kerjasama Yayasan Padi Indonesia dengan Badan Litbang Pertanian.
- Widawati, S dan Suliasih. 2006a. Populasi bakteri pelarut fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol dan Ciptarasa, serta kemampuannya melarutkan P terikat di media pikovskaya padat. *Biodiversitas*. 7(2): 109-113.
- Widiyawati, I, Sugiyanta, A. Junaedi dan R. Widyastuti. 2014. Peran bakteri penambat nitrogen untuk mengurangi dosis pupuk nitrogen anorganik pada padi sawah. *Jurnal Agron Indonesia*. 42(2): 96-103.
- Wulandari, S. 2001. Efektifitas bakteri pelarut fosfat *Pseudomonas* sp. terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L.) pada Tanah Podsolik Merah Kuning. *Jurnal Natur Indonesia*. 4(1): 21-25.
- Yulandari, F. 2019. Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi Sawah (*Oryza Sativa* L.) dengan Modifikasi SRI. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Universitas Riau. Pekanbaru.
- Zahrah. 2011. Respons berbagai varietas kedelai (*Glycine max* (L) Merril) terhadap pemberian pupuk NPK organik. *Jurnal Teknobiologi*. 2(2): 65-69.