

Pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam pengendalian penyakit tungro pada padi lokal Kalimantan Selatan

The utilization of *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) in controlling local rice tungro diseases in South Kalimantan

SALAMIAH[✉], RAIHANI WAHDAH

Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani PO Box 1028 Banjarbaru 70714, Kalimantan Selatan. Tel/Fax: +62-511-4777392,
[✉]email: salamiah.amsya@gmail.com.

Manuskrip diterima: 12 Mei 2015. Revisi disetujui: 24 Juni 2014.

Abstrak. *Salamiah, Wahdah R. 2015. Pemanfaatan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) dalam pengendalian penyakit tungro pada padi lokal Kalimantan Selatan. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1448-1456.* Padi lokal merupakan plasma nutfah yang seharusnya mendapat perhatian dari semua pemangku kepentingan, karena sebagian mulai terancam hilang dan beberapa tahun terakhir dilaporkan terserang penyakit tungro yang mengakibatkan gagal panen. Tujuan jangka panjang yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah pengendalian virus tungro yang ramah lingkungan (produk pertanian yang sehat dan aman bagi konsumen dan lingkungan) dengan melakukan induksi sistem pertahanan varietas padi lokal, karena ketahanan tanaman terhadap patogen dapat diperoleh melalui pengaktifan sistem pertahanan tanaman dan penggunaan varietas tahan merupakan salah satu pengendalian penyakit yang efektif dan ramah lingkungan. Sedangkan target khususnya adalah melakukan isolasi dan karakterisasi serta aplikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) sebagai salah satu agensia hayati yang berpotensi untuk diaplikasikan guna menekan serangan tungro. Kegunaan penelitian ini adalah sebagai usaha awal guna membantu pengendalian penyakit tungro, sehingga dapat mencegah kehilangan hasil yang lebih besar bagi petani padi akibat serangan tungro di Kalimantan Selatan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengendalian Hayati dan Laboratorium Fitopatologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru serta di sawah pasang surut Barito Kuala Kalimantan Selatan. Isolasi PGPR dilakukan dari sawah pasang surut, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan dan berhasil dikumpulkan 15 isolat PGPR. Dari ke-15 isolat tersebut, diperoleh 5 isolat yang berpotensi sebagai agensia hayati untuk menginduksi sistem pertahanan tanaman terhadap serangan tungro, karena kelimanya mampu memproduksi HCN dalam jumlah yang cukup dan mampu melarutkan fosfat. Tiga isolat diambil untuk diuji di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi PGPR belum mampu menekan serangan tungro pada padi lokal, tetapi ada satu PGPR (*Pseudomonas fluorescens* isolat 2) mampu menekan serangan tungro pada padi Inpara-4 dan 5.

Kata kunci: Inpara-4, Inpara-5, PGPR, tungro, varietas padi lokal

Abstract. *Salamiah, Wahdah R. 2015. The utilization of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) in controlling local rice tungro diseases in South Kalimantan. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1448-1456.* Local rice is a germplasm that should get the attention of all stakeholders due to its existence that is threatened to disappear and in the last few years, it was reported that tungro disease attack resulted in crop failure. The long-term goal to be achieved was to control this tungro virus by environmentally safe and sound ways (agricultural products that are healthy, safe to consumers and also to the environment) by doing the induction of resistance system to the local rice varieties. Plant defense (resistance) to a pathogen can be obtained by activating the plant defense system and the use of resistant varieties. The special target of this research was to isolate, characterize and also to apply the Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as one of the biological agents that was potential as suppress the tungro disease in South Kalimantan. The utility of this research would be used as an initial effort to help to control the tungro disease attack and to prevent greater losses of the crops. The research was done at Biological Control and Phytopathology Laboratory, Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture Lambung Mangkurat University Banjarbaru, and in swamp land paddy fields at Balandean Village, Barito Kuala District, South Kalimantan. The isolation of PGPR was conducted in swamp land paddy fields at Balandean Village, Barito Kuala District, South Kalimantan and 15 isolates of PGPR were successfully collected. Five out of 15 isolates that were potential to be biological agents then used as inducers to induce the plant defense to tungro disease attack. These five isolates used as inducer were because of their ability to produce sufficient amounts of HCN and dissolve phosphate. Three isolates were then tested in the field. The results indicated that PGPR application had not been able to suppress the rice tungro disease locally but there was one isolate (*Pseudomonas fluorescence* isolate 2) that could suppress rice tungro disease attacking Inpara-4 and 5 (national varieties are already grown and adapted in the Balandean swamp land rice fields).

Keywords: Inpara-4, Inpara-5, PGPR, tungro, local rice varieties

PENDAHULUAN

Masyarakat telah mengenal beberapa varietas padi lokal yang merupakan sebagian dari keanekaragaman varietas padi yang ada di Kalimantan Selatan. Menurut Hidayat (2000), padi lokal Kalimantan Selatan umumnya memiliki sifat seperti tahan terhadap genangan dan kemasaman tanah yang rendah serta kandungan Fe yang tinggi, berumur panjang (9-10 bulan), berbatang tinggi dengan malai di bagian atas, tidak memerlukan pemeliharaan yang intensif, rasa nasi enak dan kualitas pera, memiliki daya saing terhadap gulma dan lebih mahal harga jualnya dibandingkan varietas unggul.

Hama dan penyakit pada tanaman padi lokal merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi petani di Kabupaten Barito Kuala sebagai sentra produksi padi lokal (Wahdah dan Langai 2010). Beberapa tahun terakhir telah dilaporkan bahwa varietas padi lokal Kalimantan Selatan sering terserang penyakit tungro. Penyakit tungro dapat menyebabkan kehilangan hasil sekitar 5-70% dan jika terjadi dalam areal yang luas, maka ini akan mengganggu cadangan beras dan ketahanan pangan nasional (BB Padi 2008).

Berdasarkan permintaan produk pertanian yang sehat dan aman bagi konsumen serta lingkungan, pengendalian hayati menjadi salah satu cara dalam pengendalian patogen tanaman yang harus dipertimbangkan (Soesanto 2008), salah satunya adalah dengan menggunakan mikroorganisme antagonis seperti bakteri dan cendawan spesifik lokasi yang telah teruji dapat memberikan perlawanan terhadap patogen tanaman.

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), merupakan salah satu agens hayati yang telah banyak digunakan dan teruji untuk mengendalikan berbagai patogen tanaman (Klopper et al. 2004).

Sampai saat ini, belum ditemukan varietas padi lokal yang resisten terhadap infeksi virus tungro. Oleh karena itu, isolasi PGPR dari sawah lahan pasang surut yang merupakan sentra penanaman varietas padi lokal dan banyak terserang tungro perlu dilakukan dan diharapkan akan ditemukan agensia hayati yang berpotensi untuk digunakan sebagai penginduksi sistem pertahanan padi varietas lokal terhadap penyakit tungro.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu

Tahap awal dilakukan observasi ke lapangan pada lahan petani yang terserang tungro di persawahan lahan pasang surut Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan, yang merupakan sentra pertanaman padi varietas lokal.

Persiapan dan pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Pengendalian Hayati dan Laboratorium Fitopatologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru pada Maret-Oktober 2013. Tahap kedua dilakukan di persawahan pasang surut, Desa Balandean, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan yang

merupakan sentra pertanaman padi lokal di Kalimantan Selatan, dilakukan pada Maret-Desember 2014.

Penelitian tahap pertama di laboratorium

Isolasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Isolasi PGPR dilakukan dari tanah sawah di sekitar pertanaman padi dan yang menempel pada perakaran padi sehat yang terdapat di antara tanaman padi yang terserang tungro di persawahan petani yang ada di Desa Balandean, Kabupaten Barito Kuala. Setelah eksplorasi, dilakukan isolasi dan pemurnian untuk mendapatkan isolat yang mengandung rhizobakteria untuk keperluan identifikasi dan karakterisasi bakteri yang ditemukan. PGPR diisolasi dengan teknik pengenceran.

Analisis produksi senyawa HCN

Produksi senyawa HCN dianalisis secara kualitatif menggunakan metode yang dikembangkan oleh Bekker dan Schipper (Munif 2001). HCN merupakan salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai indikator pemicu pertumbuhan tanaman. Enam isolat terbaik hasil pengujian seleksi masing-masing ditumbuhkan pada media *Glisina* pada cawan petri. Sebagai indikator terbentuknya senyawa HCN akan terjadinya perubahan warna pada kertas saring. Warna kertas saring yang tetap kuning mengindikasikan isolat yang diuji tidak memproduksi HCN sedangkan warna coklat muda, coklat tua dan merah bata mengindikasikan produksi HCN yang semakin meningkat.

Analisis kemampuan melarutkan fosfat

Pengujian kemampuan rhizobakteria dalam melarutkan fosfat adalah dengan menggunakan media agar *Pikovskaya* dengan penambahan *tri-calcium phosphate* (TCP) sebagai sumber fosfat. Media disterilisasi dengan pemanasan menggunakan autoklaf dan pH media diatur menjadi 7.2 dengan KOH 5 N. Media dituangkan ke dalam cawan petri. Setelah media mulai membeku, pada media kemudian dibuat lubang dengan pelubang gabus (*cork borer*) dan diisi dengan 0.5 ml suspensi isolat rhizobakteria yang diuji. Media dengan bakteri diinkubasi selama 3 hari dalam ruang inkubasi dengan suhu 28°C. Kemampuan melarutkan fosfat dari isolat yang diuji dievaluasi secara kualitatif berdasarkan terbentuknya *halo* di sekitar lubang yang berisi suspensi rhizobakteria (Thakuria et al. 2004).

Pengamatan

Parameter yang diamati adalah: (i) Produksi senyawa HCN, karena senyawa HCN merupakan senyawa beracun terhadap mikroorganisme seperti cendawan, bakteri dan virus, bahkan terhadap makhluk hidup lainnya, yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Jadi semakin tinggi senyawa HCN yang dihasilkan diduga akan semakin baik dipergunakan sebagai agensia antagonis. (ii) Kemampuan melarutkan fosfat. Senyawa fosfat merupakan senyawa yang sangat diperlukan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya, tetapi di dalam tanah terutama lahan pasang surut biasanya dalam keadaan terikat. Salah satu sifat yang dimiliki oleh agensia hayati yang baik adalah kemampuannya melarutkan fosfat sehingga menjadi tersedia bagi tanaman.

Penelitian tahap kedua

Penelitian dilakukan untuk menguji ketahanan tanaman padi lokal terhadap tungro di pertanaman padi, yang menggunakan isolat terbaik hasil penelitian tahun pertama. Penelitian dilakukan pada pertanaman padi yang merupakan sentra padi varietas lokal dan termasuk daerah endemis tungro di Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Pelaksanaan penelitian tahun kedua terdiri dari beberapa tahap kegiatan, yaitu:

Persiapan isolat P. fluorescens hasil penelitian tahun pertama

Isolat *P. fluorescens* yang digunakan adalah yang menunjukkan respon terbaik pada penelitian tahun pertama. Isolat yang diambil kemudian diperbanyak untuk pelaksanaan penelitian tahun kedua. Sedangkan, varietas padi lokal yang digunakan merupakan varietas yang banyak ditanam oleh masyarakat setempat. Isolat yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis isolat terbaik, sedangkan varietas yang akan diambil adalah sebanyak lima jenis varietas, meliputi tiga jenis varietas lokal dan dua jenis varietas yang masing-masing menjadi kontrol tahan dan kontrol rentan.

Pelaksanaan pengujian di lapangan

Pelaksanaan kegiatan penanaman padi di lapangan disesuaikan dengan kebiasaan dan sistem pertanian yang sering dilakukan oleh petani. Kegiatan teknis di lapangan terdiri dari beberapa tahap, antara lain:

Pengolahan tanah. Pengolahan tanah berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah sebagai tempat tumbuhnya tanaman. Pengolahan tanah juga dapat meningkatkan aktifitas organisme yang hidup di dalamnya, sehingga mampu merombak bahan organik menjadi humus yang akhirnya dapat meningkatkan kesuburan tanah (Hardjowigno 2003).

Metode pengolahan tanah yang masih banyak dilakukan di wilayah kabupaten Barito Kuala adalah dengan cara manual, yakni dengan menggunakan "tajak". Umumnya hal ini dilakukan karena masyarakat masih memegang budaya turun menurun. Penggunaan "tajak" di lahan pasang surut bertujuan agar lapisan tanah yang diolah tidak terlalu dalam dan tidak mengusik lapisan pirit, sehingga kemungkinan tanah dapat dicegah. Metode olah tanah secara manual terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

Menajak atau *menatak*, yaitu kegiatan dimana tanah ditajak dan gulma yang tumbuh dipotong pada batang di bawah permukaan tanah, dan hasil olahan dibiarkan ± 2 minggu dalam keadaan tergenang agar pembusukan cepat berlangsung.

Memuntal atau *mealur rumput*, yaitu membuat alur dari hasil tajakan dan mendiampkannya kembali sekitar 1 minggu dalam keadaan yang juga tergenang. Cara ini diketahui mampu menurunkan keasaman dari pH 3,90 sebelum penyiapan lahan menjadi pH 5,80 sesudah penyiapan lahan (Norhasanah 2009).

Pembalikan hasil tajakan, yang bertujuan untuk membentuk pembusukan hasil tajakan yang merata antara

bagian atas dan bawah. Hasil tajakan dibiarkan selama 5-6 hari sebelum dilakukan tahap terakhir.

Penyebaran, yakni menyebarkan hasil tajakan yang telah membusuk secara merata pada lahan pertanaman dan membiarkannya sekitar 1-2 minggu hingga dilakukan penanaman.

Persemaian dan penanaman. Teknis budidaya varietas padi lokal di Kalimantan Selatan dilakukan dengan tiga kali persemaian. Persemaian pertama dalam keadaan kering yang umumnya biasanya disebut *meneradak*, dan bibit yang tumbuh pada persemaian ini disebut dengan *taradakan*. *Taradakan* masih belum bisa ditanam karena terlalu kecil. *Taradakan* yang berumur 35-40 hari dicabut dan dibagi menjadi 4-5 bagian, kemudian ditanam pada tempat atau sudut sawah yang berair. Kegiatan ini disebut dengan *maampak*. Tujuan *maampak* adalah untuk membesarkan dan menguatkan bibit, sekaligus memperbanyak bibit tersebut agar benih dapat hemat. *Ampakan* yang telah berumur 35-45 hari belum cukup tinggi untuk mengimbangi kenaikan air, sehingga bibit harus dipindahkan ke tempat lain yang oleh masyarakat lokal disebut dengan *malacak* atau *melacak* dimana tujuannya adalah untuk menghasilkan bibit (*lacakan*) yang terus dibiarkan tumbuh selama 50-70 hari. *Lacakan* yang sudah cukup besar dan tinggi kemudian ditanam di sawah dan kegiatan inilah yang disebut dengan *batanam* (Anwarhan et al. 1989).

Metode pelaksanaan. Pelaksanaan kegiatan di lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan metode *Split Plot Design*, yang terdiri dari dua faktor pembeda, yaitu:

Pemberian isolat rhizobakteria terbaik (petak utama), yang terdiri dari:

- r_0 = Kontrol (tanpa isolat PGPR)
- r_1 = *Pseudomonas fluorescens* Isolat 1
- r_2 = *Pseudomonas fluorescens* Isolat 2
- r_3 = *Bacillus*

Pemberian isolat Pf di lapangan dilakukan sebanyak 3 kali aplikasi, yaitu saat perendaman benih (*seed treatment*), penanaman bibit *taradakan* (sebelum *maampak*), dan terakhir dengan diaplikasikan pada saat tanaman dipindah ke lapangan.

Varietas padi (V) sebagai anak petak, yang terdiri dari 5 perlakuan dengan 3 (tiga) varietas lokal serta dua varietas unggul yang masing-masing menjadi pembanding rentan dan tahan.

- v_1 = Padi lokal varietas Siam Mutiara
- v_2 = Padi lokal varietas Siam Gumpal
- v_3 = Padi lokal varietas Karang Dukuh
- v_T = Inpara 4
- v_R = Inpara 5

Penelitian ini dilakukan dalam petak-petak percobaan dengan ukuran 4 x 5 m. Penelitian terdiri dari 60 satuan petak percobaan yang meliputi 20 kombinasi percobaan dengan 3 kali ulangan. Setiap petak percobaan, penanaman diberi jarak tanam sesuai kebiasaan petani pada umumnya.

Pengamatan meliputi:

Pengamatan komponen pertumbuhan tanaman, yang meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang malai, berat 1000 biji gabah.

Intensitas penyakit (IP)

$$IP = \frac{\sum (n_i \times z_i)}{(N \times Z)} \times 100\%$$

dimana:

IP = Intensitas penyakit

i = Skala tertentu untuk gejala penyakit tungro (Tabel 1)

n_i = Jumlah tanaman bergejala dengan skala tertentu

z_i = Nilai skala gejala

N = Jumlah total tanaman yang diamati

Z = Nilai skala tertinggi

(Djarmiko et al. 2000; Yusnita dan Soedarsono 2004; Ganefianti et al. 2008).

Analisa data

Data dianalisis dengan menggunakan model linear aditif untuk RAK faktorial dengan metode *split plot design*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seleksi dan karakteristik isolat *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

Seleksi yang dilakukan terhadap 15 jenis rizobakteri didasarkan pada sifat karakteristik dari masing-masing rizobakteri meliputi kemampuan rizobakteri untuk memproduksi senyawa HCN dan kemampuannya dalam melarutkan senyawa fosfat. Hasil pengujian dari sifat karakteristik akan digunakan sebagai sumber data primer untuk mengetahui kemampuan isolat dalam menginduksi sistem pertahanan tanaman padi.

Produksi senyawa HCN

Senyawa HCN merupakan senyawa metabolit sekunder yang umumnya dihasilkan oleh bakteri *P. fluorescens* dan bersifat toksik terhadap cendawan patogen (Ramamoorthy et al. 2002). Indikasi adanya mekanisme kerja PGPR dalam mendukung pertumbuhan tanaman padi adalah pada saat strain bakteri meningkatkan pertumbuhan secara tidak langsung dengan cara mengubah keseimbangan mikrobial dalam rizosfer. HCN, senyawa antibiotik, siderofor pengkhalat yang diproduksi oleh beberapa PGPR dihubungkan dengan kemampuannya dalam mereduksi patogen tanaman serta rizobakteria yang bersifat toksik (Kloepper et al. 1985).

Hasil pengujian kemampuan rizobakteri dalam memproduksi HCN pada isolat yang diuji menunjukkan bahwa terdapat lima isolat yang positif memiliki kemampuan untuk memproduksi senyawa tersebut (Tabel 2).

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap lima isolat yang positif memiliki kemampuan untuk memproduksi senyawa HCN, ditemukan bahwa konsentrasi HCN diproduksi pada level sedang, karena perubahan kertas saring hanya menjadi kuning kecokelatan (Gambar 1).

Karakteristik rizobakteri untuk memproduksi HCN berkaitan erat dengan kemampuan rizobakteri untuk menghambat perkembangan virus tungro yang telah diinfeksi dan diharapkan mampu menjadi penginduksi ketahanan pada beberapa varietas padi lokal Kalimantan Selatan. Menurut Fuente et al. (2004), senyawa HCN merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh bakteri kelompok *Pseudomonas* spp. dan umumnya bersifat antimikroba. Pendapat ini diperkuat oleh pemaparan dari Widodo et al. (1993), yang menyatakan bahwa HCN yang dihasilkan oleh bakteri *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* merupakan senyawa antifungal yang mempunyai korelasi dengan aktifitas antagonis secara in vivo.

Kemampuan melarutkan fosfat

Hasil pengujian karakteristik isolat rizobakteri dalam melarutkan fosfat diketahui bahwa terbentuknya *halo* atau zona bening hanya dapat ditunjukkan oleh lima isolat, kecuali untuk isolat Bx 4.3 yang tidak mampu membentuk halo sebagai indikasi mampu tidaknya rizobakteri dalam melarutkan fosfat (Gambar 2 dan Tabel 3). Dalam penelitian ini, *holozone* yang terbentuk, khususnya dari lima isolat rizobakteri uji pada media Pikovskaya yang telah ditambahkan dengan *tri-calcium phosphate* (TCP) memiliki diameter (Φ) antara 1,20-1,44 cm.

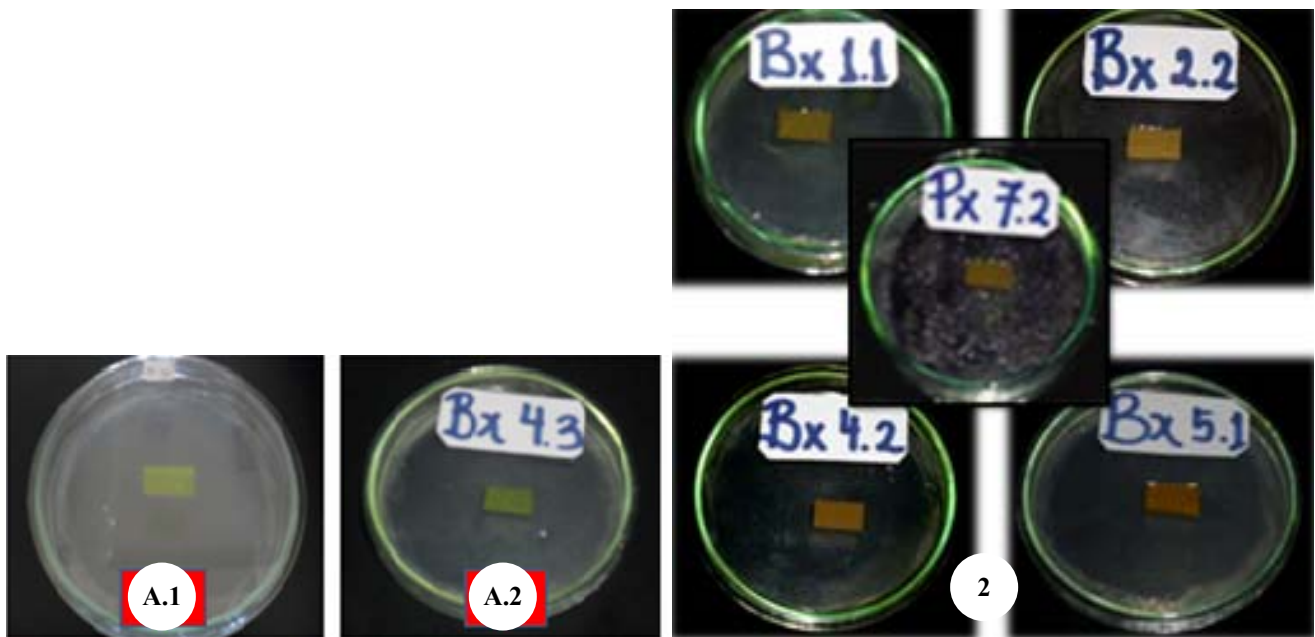
Tabel 1. Skala perhitungan tingkat ketahanan tanaman padi terhadap penyakit tungro (IRRI 1980)

Skala	Uraian	Gejala kerusakan	Kategori ketahanan
0	Tidak ada kerusakan		Sangat Tahan (ST)
1	Kerusakan daun sangat sedikit	< 1%	Tahan (T)
3	Daun pertama dan kedua menguning	1-5%	Agak Tahan (AT)
5	Semua daun menguning; pertumbuhan terhambat dan tanaman kerdil atau keduanya	6-25%	Agak Rentan (AR)
7	Lebih dari setengah tanaman mati; sisa bagian tanaman layu; beberapa tanaman kerdil	26-50%	Rentan (R)
9	Semua tanaman mati	51-100%	Sangat Rentan (SR)

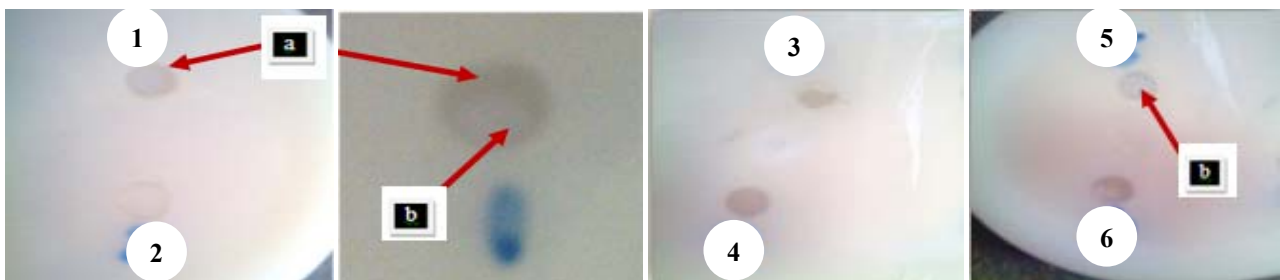
Tabel 2. Daftar isolat rizobakteri yang memproduksi senyawa HCN

Isolat rizobakteri	HCN*	Kadar HCN
Bx 1	+	Sedang
Bx 2	+	Sedang
Bx 4	+	Sedang
Bx 5	+	Sedang
Px 7	+	Sedang

Keterangan: Bx= PGPR diisolasi dari persawahan lokasi ke..., 1,2,4,5,7= menunjukkan lokasi ke 1,2,4,5,& 7. Px= PGPR diisolasi dari rizosfer puteri malu. *Produksi HCN: Warna kertas saring, -kuning muda; + coklat; ++ merah bata



Gambar 1. Produksi senyawa HCN pada media Glisina (1.A) Isolat sebelum diinkubasi dengan kertas saring yang telah dicelupkan dalam larutan *Cyanide Detection Solution* (CDS), dan (1.B) Bx 4.3, Isolat yang tidak menghasilkan HCN. B. Isolat yang mampu menghasilkan HCN. Tanda panah: Warna kertas saring coklat muda mengindikasikan senyawa HCN yang diproduksi oleh rizobakteri dan kertas saring berwarna kuning mengindikasikan tidak diproduksinya HCN oleh rizobakteri



Gambar 2. Kemampuan isolat dalam melarutkan Posfat pada media Pikovskaya. (1) Bx 1.1 (2) Bx 2.2 (3) Bx 4.2 (4) Bx 4.3 (5) Bx 5.1 dan (6) Px 7.2. Tanda panah: (a) *Holozone* atau zona bening (halo) yang terbentuk sebagai indikasi isolat rizobakteri memiliki kemampuan sebagai pelarut Posfat. (b) Tempat rizobakteri diletakkan

Tabel 3. Kemampuan isolat rizobakteri sebagai pelarut Fosfat

Isolat rhizobakteri	Pelarut fosfat	
	Halo*	Φ (cm)
Bx 1.1	+	1,30
Bx 2.2	+	1,20
Bx 4.2	+	1,44
Bx 5.1	+	1,30
Px 7.2	+	1,40

Keterangan: *Pelarut posfat: + terbentuk halo;-tidak terbentuk halo

Setiadi (1989) menyatakan bahwa dibutuhkan asosiasi yang sinergis antara bakteri dengan tanaman sehingga menciptakan lingkungan untuk keberlangsungan hidup bakteri pelarut fosfat, sehingga kinerja bakteri sebagai perombak dan pelarut bahan organik terikat, akan lebih optimal khususnya dalam mensintesa dan melepaskan

kembali bahan-bahan tersebut menjadi bahan organik yang tersedia dan dapat dipergunakan oleh tanaman untuk meningkatkan pertumbuhannya.

Fosfat tersedia karena bakteri pelarut fosfat berperan dengan cara menghemat pelarutan sumber fosfat yang tidak bisa diambil oleh permukaan akar untuk membatasi difusi, interaksi mikrobial sinergistik seharusnya memperbaiki ketersediaan P dalam tanaman (Barea et al. 2005).

Menurut Thakuria et al. (2004), kemampuan rizobakteri dalam melarutkan fosfat yang ada disekitar perakaran dapat membantu meningkatkan persediaan fosfat yang akan digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Bakteri pelarut fosfat yang diisolasi dari rizosfer padi dapat meningkatkan produksi padi 5,4-21,6%. Di samping dapat meningkatkan ketersediaan fosfat, beberapa bakteri juga dapat meningkatkan unsur nitrogen dan ketersediaan beberapa nutrisi yang sangat dibutuhkan tanaman, serta dapat merangsang tanaman untuk membentuk akar lateral. Akar lateral ini sangat berguna untuk memperluas daerah

penyerapan unsur hara oleh tanaman, sehingga kebutuhan nutrisi lebih cepat terpenuhi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Vasudevan et al. 2002).

Kemampuan isolat PGPR yang mampu melarutkan senyawa fosfat juga sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Senyawa fosfat yang ada dalam lingkungan tumbuh tanaman tidak selalu dapat mencukupi kebutuhan bagi tanaman sehingga keberadaan bakteri pelarut fosfat di rizosfer tanaman membantu menyediakan senyawa fosfat bagi tanaman (Sutariati 2006). Bakteri pelarut fosfat dapat menyediakan fosfat terikat menjadi fosfat yang dapat terlarut sehingga dapat diserap oleh tanaman. Mekanisme utama pelarutan fosfat pada bakteri dengan memisahkan kation dari senyawa asam menggunakan asam organik yang disintesisnya (Altomare et al. 1999).

Kemampuan melarutkan fosfat oleh mikroba sangat ditentukan oleh enzim fosfatase dan asam organik yang dihasilkan (Goenadi 2006). Pada tanah bersifat asam unsur P terikat oleh Al (Al-P) dan Fe (Fe-P). Kehadiran asam organik secara langsung dapat melarutkan fosfat yang merupakan hasil perubahan anion PO_4^{2-} oleh anion asam atau terjadinya pengikatan ion Fe dan Al yang sebelumnya mengikat unsur P (Rodriquez dan Fraga 1999). Menurut Khan et al. (2009), peningkatan pelarutan fosfat adalah hasil kombinasi antara penurunan pH tanah dan produksi asam organik dari bakteri pelarut fosfat yang diberikan.

Kemampuan rizobakteri dalam melarutkan unsur fosfat terikat menjadi tersedia bagi tanaman juga sangat tergantung pada temperatur, kelembaban, pH, suplai makanan, dan kondisi lingkungan selama pertumbuhannya. Rachmiati (1995) berpendapat bahwa setiap jenis bakteri yang mampu melarutkan fosfat mempunyai kemampuan berbeda secara genetik dalam menghasilkan jumlah jenis asam-asam organik yang berperan dalam menentukan tinggi rendahnya pelarutan fosfat.

Peranan rizobakteri sebagai pelarut fosfat akan menjadi lebih baik apabila didukung oleh kondisi lingkungan dan hubungan asosiasi antara bakteri dengan tanaman sekitarnya. Dengan adanya asosiasi yang baik, maka akar tanaman akan melepaskan bahan organik dan anorganik berupa eksudat penting ke dalam rizosfer. Begitu pula dengan hubungan yang terbentuk dari isolat-isolat uji dengan tanaman, sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman padi yang lebih baik.

Tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang malai dan intensitas serangan tungro pada penelitian tahap kedua

Hasil perhitungan uji kehomogenan ragam Barlett (Tabel 4) terhadap data tinggi tanaman (45 hst, 52 hst, 59 hst, dan 76 hst), jumlah anakan (52 hst, 59 hst, dan 76 hst), dan panjang malai menunjukkan data homogen, sedangkan pada data jumlah anakan berumur 45 hst dan berat gabah 1000 butir tidak homogen, maka selanjutnya data ditransformasi dengan transformasi $\sqrt{(x+0,5)}$ dan $\log(x+10)$ sehingga data menjadi homogen untuk selanjutnya dapat dilakukan analisis ragam. Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, selanjutnya pengujian dilakukan menggunakan uji jarak

berganda Duncan (DMRT).

Tinggi tanaman

Interaksi perlakuan varietas padi dan PGPR tidak menunjukkan hasil yang signifikan pada pengamatan tinggi padi berumur 45 hst, 52 hst, 59 hst, dan 76 hst (Tabel 3).

Interaksi perlakuan varietas padi lokal karang dukuh yang diaplikasi Pf2 menunjukkan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada umur 45 hst, 52 hst, dan 59 hst, sedangkan pada umur 72 hst, perlakuan Inpara-4 yang diaplikasi *Bacillus* menunjukkan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya.

Walaupun interaksi perlakuan terhadap tinggi tanaman tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada pengujian analisis ragam, namun terdapat perbedaan antar perlakuan varietas. Dari data tersebut diketahui bahwa tinggi tanaman padi varietas Inpara-5 pada umur 45 hst, 52 hst, 59 hst, dan 76 hst lebih bagus dibandingkan dengan varietas lainnya (Tabel 4).

Isolat PGPR sebagai pemacu pertumbuhan tanaman padi berkaitan erat dengan kandungan hormon tumbuh yang dihasilkan oleh rizobakteri. Hormon-hormon tersebut seperti auksin, IAA, giberelin, sitokinin, dan etilen. Selain hormon-hormon tersebut, juga dapat dikaitkan dengan beberapa karakter penting yang dihasilkan oleh rizobakteri dalam meningkatkan pertumbuhan, seperti kemampuan dalam memfiksasi N, melarutkan unsur fosfat, serta kemampuan dalam mendegradasi dan menggunakan sejumlah besar senyawa organik maupun anorganik yang akan berinteraksi dengan tanaman dan berasosiasi dalam rizosfer.

Pendapat yang sama juga dikemukakan oleh beberapa ahli yang meneliti bakteri *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* (salah satu jenis PGPR). Mereka mengemukakan bahwa bakteri *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* yang termasuk dalam PGPR merupakan sekumpulan bakteri yang berasal dari rizosfer tanaman dan dapat dipindahkan dari habitat aslinya ke habitat lain baik secara langsung maupun melalui manipulasi terlebih dahulu. Beberapa karakter penting dari rizobakteri *Pseudomonas* dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah menghasilkan hormon tumbuh seperti IAA (Thakuria et al. 2004; Teixeira et al. 2007; Karnwal. 2009), giberelin (Joo et al. 2005), memfiksasi N (Bai et al. 2003; Park et al. 2005; Hafeez et al. 2006), dan melarutkan P (Faccini et al. 2004; Mehvraz dan Chaichi 2008). Pendapat lain juga dikemukakan oleh Salamone et al. (2001), yaitu bakteri *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* memiliki kemampuan untuk memproduksi IAA, sitokinin, *isopentenyl adenosine*, dan *zeatin ribose*.

Berdasarkan hal tersebut, Isolat PGPR yang diuji dalam penelitian ini mampu memacu pertumbuhan tinggi tanaman dan panjang akar tanaman. Peranan fitohormon yang dihasilkan oleh rizobakteri memiliki fungsi yang berbeda satu dengan yang lain, sehingga mampu mempengaruhi mekanisme yang terjadi dalam tanaman. Hormon-hormon yang terlibat dalam mekanisme ini tidak hanya terdiri dari satu jenis, karena pertumbuhan dan perkembangan tanaman dikendalikan oleh beberapa hormon sekaligus.

Tabel 4. Uji Barlett hasil akhir semua karakter kuantitatif yang diamati

Uji Barlett	Tinggi tanaman (cm)				Jumlah anakan (rumpun)				Berat 1000 butir gabah (transf.) (g)
	45 hst	52 hst	59 hst	76 hst	45 hst (transf.)	52 hst	59 hst	76 hst	
10 x rata-rata Si ²	463	548	765	1311	1,64	65,71	112	125	1016
Log (10 x rata-rata Si ²)	2,67	2,74	2,88	3,12	0,21	1,82	2,05	2,1	3,01
Jumlah perlakuan	20	20	20	20	20	20	20	20	20
M	33,09	34,65	38,0	20,45	28,54	40,87	37,44	35,51	4,39
C	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Chi-kuadrat	28,16	29,49	32,34	24,29	6,90	34,78	31,86	30,22	3,73
Chi-tabel (5%)	30,14	30,14	30,14	30,14	30,14	30,14	30,14	30,14	30,14
P-Value	0,08	0,06	0,03	0,185	0,65	0,015	0,03	0,05	1,00
Kesimpulan	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen

Tabel 5. Uji beda rata-rata pengaruh perlakuan varietas dan PGPR terhadap tinggi tanaman

Perlakuan Varietas	PGPR	Tinggi tanaman (cm)			
		45 hst	52 hst	59 hst	76 hst
Siam Mutiara	Pf1	42,2 ns	47,6 ns	60,6 ns	66,4 ns
	Pf2	34,7 ns	42,7 ns	48,0 ns	52,8 ns
	<i>Bacillus</i>	34,3 ns	41,2 ns	39,5 ns	52,5 ns
	Kontrol	39,7 ns	48,6 ns	54,3 ns	62,7 ns
Siam Gumpal	Pf1	41,0 ns	49,0 ns	60,6 ns	57,0 ns
	Pf2	36,0 ns	42,1 ns	46,6 ns	41,6 ns
	<i>Bacillus</i>	41,1 ns	46,9 ns	51,7 ns	47,7 ns
	Kontrol	37,8 ns	42,6 ns	47,8 ns	39,6 ns
Karang Dukuh	Pf1	39,5 ns	43,7 ns	55,6 ns	54,2 ns
	Pf2	57,8 ns	61,1 ns	58,5 ns	56,8 ns
	<i>Bacillus</i>	40,4 ns	51,6 ns	52,2 ns	45,6 ns
	Kontrol	47,9 ns	54,0 ns	60,6 ns	41,0 ns
Inpara-4	Pf1	40,4 ns	46,0 ns	62,8 ns	75,4 ns
	Pf2	41,8 ns	47,1 ns	64,2 ns	69,9 ns
	<i>Bacillus</i>	42,8 ns	49,9 ns	64,3 ns	82,1 ns
	Kontrol	42,8 ns	49,2 ns	63,7 ns	79,9 ns
Inpara-5	Pf1	57,0 ns	65,5 ns	65,3 ns	75,2 ns
	Pf2	64,7 ns	68,7 ns	68,4 ns	74,1 ns
	<i>Bacillus</i>	61,0 ns	65,8 ns	65,7 ns	69,9 ns
	Kontrol	63,8 ns	66,6 ns	65,9 ns	66,0 ns

Keterangan: Nilai rata-rata yang mempunyai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5 %

Tabel 6. Pengujian DMRT perlakuan varietas padi

Perlakuan/Varietas	Tinggi tanaman (cm)			
	45 hst	52 hst	59 hst	76 hst
Siam Mutiara	37,7a	45,0a	50,6a	58,6ab
Siam Gumpal	39,0a	45,1a	51,7a	46,5a
Karang Dukuh	46,4a	52,6a	56,7ab	49,4a
Inpara-4	41,9a	63,7b	48,0a	76,8c
Inpara-5	61,6b	66,7b	66,4b	71,3bc

Keterangan: Nilai rata-rata yang mempunyai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf nyata 5 %.

Bakteri *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* yang termasuk PGPR menghasilkan respon sebagai berikut: (i) *auksin* yang berfungsi merangsang pertumbuhan dengan cara pemanjangan sel; (ii) *giberellin* untuk meningkatkan pertumbuhan meristem samping dalam daun dan antar

buku; (iii) *sitokinin* untuk merangsang pertumbuhan dengan cara pembelahan sel; (iv) *inhibitor* atau penghambat pertumbuhan seperti menghambat pemanjangan dan mempercepat absisi serta penuaan; dan (v) *etilen* yang meningkatkan pematangan buah dan pertumbuhan horisontal. Hubungan di antara proses pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh keterlibatan hormon. Suatu hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan fotosintat dipengaruhi oleh auxin yang mungkin berfungsi sebagai perantara (Sweet dan Wareing 1966).

Menurut Watanabe et al. (1987), *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* sebagai penghasil fitohormon dalam jumlah yang besar khususnya IAA dalam merangsang pertumbuhan sangat berpengaruh pada pembentukan karakteristik daerah perakaran tanaman. Tjondronegoro et al. (1989) juga menambahkan bahwa IAA yang merupakan hormon pertumbuhan kelompok auksin berguna untuk merangsang pertumbuhan tanaman, yang berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan sel batang, menghambat proses pengguguran daun, merangsang pembentukan buah, merangsang pertumbuhan kambium, dan menghambat pertumbuhan tunas ketiak.

Jumlah anakan

Interaksi perlakuan varietas padi dan PGPR tidak menunjukkan hasil yang signifikan pada pengamatan jumlah anakan padi berumur 45 hst, 52 hst, 59 hst, dan 76 hst (Tabel 5).

Interaksi perlakuan Inpara-4 yang diaplikasi dengan pf 1, menunjukkan jumlah anakan yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada umur 45 hst dan 52 hst, perlakuan Inpara-4 yang tidak diberi PGPR menunjukkan jumlah anakan yang lebih banyak pada umur 59 hst, dan perlakuan Varietas Siam Gumpal yang diaplikasi dengan *Bacillus* menunjukkan jumlah anakan yang lebih banyak pada umur 76 hst.

Walaupun interaksi perlakuan terhadap jumlah anakan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada pengujian analisis ragam, namun terdapat perbedaan antar perlakuan varietas. Dari data tersebut diketahui bahwa tinggi tanaman padi varietas Inpara-5 pada umur 45 hst, 52 hst, 59 hst, dan 76 hst lebih tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya (Tabel 6).

Tabel 7. Uji beda rata-rata pengaruh perlakuan varietas dan PGPR terhadap jumlah anakan tanaman

Perlakuan	Jumlah anakan (rumpun)			
	45 hst (transf.)	52 hst	59 hst	76 hst
Siam Mutiara + pf1	2,20 ns	8,30 ns	12,3 ns	17,0 ns
Siam Mutiara + pf2	2,00 ns	10,0 ns	15,3 ns	18,3 ns
Siam Mutiara + <i>Bacillus</i>	2,00 ns	7,30 ns	12,0 ns	15,0 ns
Siam Mutiara –PGPR	2,00 ns	6,30 ns	8,30 ns	12,3 ns
Siam Gumpal + pf1	2,50 ns	7,70 ns	12,3 ns	18,7 ns
Siam Gumpal + pf2	2,00 ns	6,30 ns	9,70 ns	12,3 ns
Siam Gumpal + Ba	2,30 ns	6,70 ns	12,0 ns	24,3 ns
Siam Gumpal –PGPR	2,50 ns	8,30 ns	11,3 ns	19,7 ns
Karang Dukuh + pf1	2,10 ns	7,70 ns	13,3 ns	18,0 ns
Karang Dukuh + pf2	2,20 ns	6,70 ns	9,00 ns	18,7 ns
Karang Dukuh + Ba	2,50 ns	7,30 ns	9,30 ns	18,3 ns
Karang Dukuh –PGPR	2,20 ns	6,00 ns	8,70 ns	15,7 ns
Inpara 4 + pf1	4,50 ns	22,8 ns	17,7 ns	17,0 ns
Inpara 4 + pf2	4,20 ns	19,9 ns	17,6 ns	17,0 ns
Inpara 4 + Ba	3,80 ns	19,7 ns	14,5 ns	14,5 ns
Inpara 4 –PGPR	4,10 ns	18,6 ns	17,9 ns	17,9 ns
Inpara 5 + pf1	3,80 ns	14,4 ns	11,4 ns	11,4 ns
Inpara 5 + pf2	3,90 ns	17,8 ns	15,6 ns	15,6 ns
Inpara 5 + Ba	3,60 ns	14,6 ns	11,8 ns	11,8 ns
Inpara 5 –PGPR	3,80 ns	16,1 ns	13,4 ns	13,4 ns

Keterangan: Nilai rata-rata yang mempunyai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5 %

Tabel 8. Pengujian DMRT perlakuan varietas padi

Perlakuan/Varietas	Jumlah Anakan (rumpun)			
	45 hst	52 hst	59 hst	76 hst
Siam Mutiara	2,0a	8,00a	12,0a	15,7ab
Siam Gumpal	2,3a	7,30a	11,3a	18,8b
Karang Dukuh	2,4a	6,90a	10,1a	17,7b
Inpara-4	4,1b	20,2c	16,9b	16,6ab
Inpara-5	3,8b	15,7b	13,1ab	12,6a

Keterangan: Nilai rata-rata yang mempunyai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf nyata 5 %

Tabel 9. Uji beda rata-rata pengaruh perlakuan varietas dan PGPR terhadap bobot 1000 butir gabah dan panjang malai

Perlakuan/Varietas	Bobot 1000 butir gabah (transf.) (g)	Panjang malai (cm)
Siam Mutiara + pf1	6,16ab	23,4de
Siam Mutiara + pf2	6,21ab	24,3e
Siam Mutiara + <i>Bacillus</i>	6,07ab	21,5c
Siam Mutiara –PGPR	5,57a	24e
Siam Gumpal + pf1	6,83ab	24,2e
Siam Gumpal + pf2	6,17ab	25,5f
Siam Gumpal + <i>Bacillus</i>	6,59ab	22,9d
Siam Gumpal –PGPR	5,59a	20,7c
Karang Dukuh + pf1	6,46ab	27,5g
Karang Dukuh + pf2	6,89ab	26,3f
Karang Dukuh + <i>Bacillus</i>	7,27ab	29,9h
Karang Dukuh –PGPR	5,82ab	25,6f
Inpara 4 + pf1	5,87ab	19,3b
Inpara 4 + pf2	6,88ab	18,7ab
Inpara 4 + <i>Bacillus</i>	7,35ab	19,5b
Inpara 4 –PGPR	7,47b	18,1a
Inpara 5 + pf1	9,74c	19,2b
Inpara 5 + pf2	9,81c	19,2b
Inpara 5 + <i>Bacillus</i>	9,78c	18,5ab
Inpara 5 –PGPR	9,71c	18,0a

Keterangan: Nilai rata-rata yang mempunyai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5 %

Tabel 10. Pengujian DMRT perlakuan varietas padi

Perlakuan/Varietas	Bobot 1000 butir gabah (transf.) (g)	Panjang malai (cm)
Siam Mutiara	72,03a	279,3b
Siam Gumpal	75,52b	280,1b
Karang Dukuh	79,32c	279,9b
Inpara-4	82,68d	226,8a
Inpara-5	117,11e	225,1a

Keterangan: Nilai rata-rata yang mempunyai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf nyata 5 %

Tabel 11. Pengujian DMRT perlakuan PGPR

Perlakuan/PGPR	Panjang malai (cm)
Pf1	68,16b
Pf2	68,54b
<i>Bacillus</i>	67,36b
Kontrol	63,84a

Keterangan: Nilai rata-rata yang mempunyai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf nyata 5 %

Peranan akar dalam pertumbuhan tanaman sama pentingnya dengan tajuk. Akar berfungsi untuk menyediakan unsur hara dan air yang diperlukan dalam metabolisme tanaman. Jumlah unsur hara dan air yang dapat diserap tanaman tergantung pada kesempatan tanaman mendapatkan air dan hara tersebut dalam tanah. Karena kebutuhan tanaman akan hara dan air terbatas, maka peranan akar dan jumlah sumber hara yang tersedia dalam media perakaran harus seimbang.

Panjang akar merupakan hasil perpanjangan sel-sel di belakang meristem ujung. Perbedaan dalam pola perkembangan perakaran, sangat dipengaruhi oleh lingkungan tanah baik secara langsung maupun tidak langsung. Faktor-faktor di atas tanah yang mempengaruhi pertumbuhan tajuk, terutama transport karbohidrat ke akar, memberikan pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan akar, seperti juga faktor-faktor rizosfer yaitu kelembaban, temperatur, kandungan nutrisi, bahan-bahan toksin, kekuatan agregat dan agen biologis.

Pertumbuhan yang merupakan manifestasi dari banyak proses yang dimulai dari penyediaan karbohidrat oleh organ fotosintesis, penyediaan air serta hara oleh akar sampai pada sintesa bahan baru tanaman. Semua proses berhubungan satu dengan yang lain di bawah kendali faktor genetik dan lingkungan, dan sebaliknya bila terjadi perubahan dari satu proses maka akan mempengaruhi proses yang lainnya.

Terdapat beberapa hasil penelitian yang menggambarkan laju penggunaan fotosintat dalam tanaman yang mempengaruhi tingkat fotosintesis. Laju fotosintesis menurun apabila fotosintat terakumulasi dalam daun karena tidak digunakan dalam proses pertumbuhan atau pembentukan biomassa baru tanaman. Ini dapat ditafsirkan sebagai akibat dari mekanisme umpan balik yakni pertumbuhan yang lambat akan menghambat laju

fotosintesis yang merupakan kebalikan dari peristiwa laju fotosintesis yang rendah akan mengakibatkan terhambatnya laju pertumbuhan (Maggs 1964; King et al. 1967).

Bobot 1000 butir gabah dan panjang malai

Interaksi perlakuan varietas padi dan PGPR menunjukkan hasil yang sangat berbeda nyata pada pengamatan berat 1000 butir gabah. Sedangkan pada pengamatan panjang malai, interaksi perlakuan varietas padi dan PGPR menunjukkan hasil yang berbeda nyata (Tabel 7).

Interaksi perlakuan Inpara-5 yang diaplikasi dengan pf2 menghasilkan bobot 1000 gabah yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya, namun tidak berbeda nyata dengan interaksi perlakuan Inpara-5 yang diaplikasi dengan pf1, Inpara-5 yang diaplikasi dengan *Bacillus*, dan Inpara-5 yang tidak diaplikasi dengan PGPR. Sedangkan pada panjang malai, interaksi perlakuan Varietas Karang Dukuh yang diaplikasi dengan *Bacillus* menunjukkan jumlah malai yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya.

Data analisis bobot 1000 gabah dan panjang malai padi menunjukkan bahwa varietas yang digunakan terdapat perbedaan yang sangat nyata (Tabel 8).

PGPR yang diaplikasikan ke tanaman padi memberikan pengaruh yang nyata pada panjang malai tanaman padi (Tabel 9).

Dari 15 isolat PGPR yang berhasil diisolasi, ditemukan lima isolat yang berpotensi untuk dipergunakan sebagai agensia hayati pengendali penyakit tungro. Dari tiga isolat PGPR yang diaplikasikan di lapangan, terdapat satu isolat (*Pseudomonas fluorescens* isolate 2) yang mampu menekan serangan tungro pada padi varietas Inpara-4 dan 5.

DAFTAR PUSTAKA

- Altomare C, Norvell WA, Björkman T, Harman GE. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrient by PGPR and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai. *Appl Environ Microbiol* 65: 2926-1933.
- Anwarhan K, Anwar K, Noor M, Manvelpillai RG. 1989. Bercocok Tanam Padi Pasang Surut dan Rawa. Dalam Dodik Choiron. 2004. Serapan fosfor oleh Beberapa Varietas Padi Lokal Berdaya Hasil Guna di Lahan Pasang Surut Kalimantan Selatan. Skripsi. Fakultas Pertanian. Banjarbaru.
- Bai Y, Zhou XD, Smith L. 2003. Enhanced soybean plant growth resulting from coinoculation of *Bacillus* strains with Bradyrhizobium japonicum. *Crop Sci*. 43: 1774-1781.
- Barea JM, Pozo MJ, Azcon R, Azcon-Aguilar C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. *J Exp Bot* 56: 1761-1778.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi [BB Padi]. 2008. Masalah hama penyakit pada padi. Kopkarlitan, Subang.
- Faccini G, Garzon S, Martinez M, Varela A. 2004. Evaluation of the effects of a dual inoculum of phosphate-solubilizing bacteria and *Azotobacter chroococcum*, in creolo potato (Papa "Criolla") (*Solanum phureya*) var 'Yema de Huevo'. www.ag.auburn.edu/argentina/pdf.manuscripts/faccini.pdf. Diakses tanggal 28 Desember 2012.
- Fuente DL, Bajsa N, Bagnasco P, Quagliotto L, Thomashow L, Arias A. 2004. Antibiotic production by biocontrol *Pseudomonas fluorescens* isolated from forage legume rhizosphere. <http://www.ag.auburn.edu/argentina/pdfmanuscripts/delafuent.pdf>. [1 Juni 2011].
- Ganefianti DW, Sujiprihati S, Hidayat SH, Syukur M. 2008. Metode penularan dan uji ketahanan genotipe cabai terhadap *Begomovirus*. *Akta Agrosia* 11(2): 162-169.
- Hafeez FY, Yasmin S, Ariani D, Rahman M, Zafar Y, Malik KA. 2006. Plant growth promoting bacteria as biofertilizer. *Agron Sustain Dev* 26: 143-150.
- Hidayat T. 2000. Studi kearifan budaya petani Banjar dalam pengelolaan lahan rawa pasang surut di Kabupaten Barito Kuala Propinsi Kalimantan Selatan. [Tesis]. Program Pascasarjana, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Joo 2005. Gibberellins-producing rhizobacteria increase endogenous gibberellins content and promote growth of red peppers. *J Microbiol* 43: 510-515.
- Karnwal A. 2009. Production of indole acetic acid by fluorescent *Pseudomonas* in the presence of L-tryptophan and rice root exudates. *J Plant Pathol* 91: 61-63.
- Khan AA, Jilani G, Akhtar MS, Naqvi SMS, Rasheed M. 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. *J Agric Biol Sci* 1: 48-58.
- King RW, Wardlaw IF, Evans LT. 1967. Effect of assimilate utilization on photosynthetic rate in wheat. *Plant* 77: 261-276
- Kloepper JW, Ryu CM, Zhang S. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* 94: 1259-1266.
- Maggs DH. 1964. Growth rates in relation to assimilate supply and demand. *J Exp Bot* 15: 574-583.
- Mehrvaz S, Chaichi MR. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barley. *American-Eurasian J Agric Environ Sci* 3 (6): 855-860.
- Munif A. 2001. Studies on the Importance of Endophytic Bacteria for the Biological Control of the Root-knot Nematode *Meloidogyne incognita* on Tomato [Dissertation]. Bonn, Germany: Institute for Plant Diseases, University of Bonn.
- Narayanasamy P. 2002. Microbial Plant Pathogens and Crop Disease Management. Science Publisher, USA.
- Park M. 2005. Isolation and characterization of diazotrophic growth promoting bacteria from rhizosphere of agricultural crop of Korea. *Microbiol Res* 160: 127-133.
- Rachmiati Y. 1995. Bakteri pelarut fosfat dari rizosfer tanaman dan kemampuannya dalam melarutkan fosfat. *Prosiding Kongres Nasional VI HITI, Jakarta, 12-15 Desember 1995*.
- Ramamoorthy V, Raguchander T, Samiyappan R. 2002. Induction of defense-related proteins in tomato roots treated with *Pseudomonas fluorescens* Pfl and *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Plant Soil* 239: 55-68.
- Rodriguez H, Fraga R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol Adv* 17: 319-339.
- Salamone IEG, Heynes RK, Nelson LM. 2001. Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. *Can J Microbiol* 47: 404-411.
- Setiadi Y. 1989. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Soesanto L. 2008. Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Sutariati GAK. 2006. Perlakuan Benih dengan Agen Biokontrol untuk Pengendalian Penyakit Antraknosa, Peningkatan Hasil dan Mutu Benih Cabai [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor.
- Teixeira DA. 2007. Rhizobacterial promotion of eucalyptus rooting and growth. *Brazilian J Microbiol* 38: 118-123.
- Thakuria DN, Talukdar C, Goswami C, Hazarika S, Boro RC, Khan MR. 2004. Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. *Current Sci* 86: 978-985.
- Tjondronegoro PD, Natasaputra M, Gumawan AW, Djaelani M, Suwanto A. 1989. Botani Umum. PAU Ilmu Hayati Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Vasudevan PK, Priyadarisini S, Babujee VB, Gnanamanickam SS. 2002. Biological control of rice diseases. Marcel Dekker Inc. New York.
- Watanabe I, So R, Ladha JK, Katayama-Fujimura Y, Kuraishi H. 1987. A new Nitrogen-fixing species of Pseudomonad: *Pseudomonas diazotrophicus*, nov. isolated from rice. *Can J Microbiol* 33: 670-678.
- Widodo. 2006. Peran mikroba bermanfaat dalam pengelolaan terpadu hama dan penyakit tanaman. Nganjuk: Apresiasi Penanggulangan OPT Tanaman Sayuran.