

Pengaruh Air Laut terhadap Populasi Bakteri Biofertilizer, P Tersedia dalam Tanah, dan Pertumbuhan Bayam (*Amaranthus* sp.) [The Effect of Sea Water to the Population of Biofertilizing Bacteria, Available P in the Soil, and the Growth of Spinach (*Amaranthus* sp.)]

Widawati, S¹⁾, Suliasih¹⁾, dan Muharam, A²⁾

¹⁾Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jln. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong Science Center, Jawa Barat, Indonesia

²⁾Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Jln. Tentara Pelajar No. 10, Bogor, Jawa Barat, Indonesia, 16114

E-mail : widadomon@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 11 Maret 2015 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 15 Juni 2015

ABSTRAK. Pemanfaatan pupuk hayati merupakan salah satu upaya untuk mengembangkan pembudidayaan tanaman yang ramah lingkungan. Penelitian bertujuan mengetahui ketahanan bakteri pelarut fosfat dan bakteri pengikat nitrogen nonsimbiosis terhadap salinitas dan peranannya dalam menyediakan P dan N untuk pertumbuhan tanaman bayam. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Rumah Kaca Mikrobiologi, LIPI Cibinong, Bogor, Jawa Barat, sejak bulan Februari sampai dengan Desember 2013. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama, yaitu *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) dalam pupuk organik hayati yang terdiri atas: A, B, C, D (A+B), E (A+C), F (B+C), G (A+B+C), H (ABC+TSP+KCl+ Urea+kompos), I (TSP+KCl+Urea+ABC), dan J (kompos+ABC), serta kontrol (K1 = kompos, K2 = tanpa pupuk, K3 = TSP+KCl+Urea). Faktor kedua, penyiraman yaitu, (1) air laut dan (2) air tawar. Tanaman bayam (*Amaranthus* sp.) ditumbuhkan dalam media tanah menggunakan pot di dalam rumah kaca. Peubah yang diamati mencakup tinggi tanaman, berat segar bayam, pH tanah, salinitas tanah, populasi bakteri, PME-ase tanah, dan P tersedia dalam media tanah, pada 7 dan 28 hari setelah tanam (HST). Hasil penelitian menunjukkan bahwa air laut dengan kadar garam 30 dS/m berpengaruh nyata terhadap populasi bakteri, produksi enzim PME-ase, P-tersedia, tinggi, dan berat segar tanaman bayam. Semua bakteri tahan terhadap kondisi salin dan bakteri *Azotobacter* lebih tahan salin daripada *Azospirillum*. Masing-masing isolat yang terkandung dalam inokulan B, H, dan J mampu bertahan pada salinitas sebesar 2,03; 4,0; dan 4,0 dS/m, dengan populasi bakteri sebesar 27,88 dan 79 x 10⁵ sel/g tanah, mampu memproduksi PME-ase sebesar 0,60; 0,62; dan 0,55 mg pnitrofenol/ml, P tersedia sebesar 5,96; 8,95; dan 7,30 ppm serta berdampak positif terhadap tinggi tanaman (14,47; 21,50; dan 25,83 cm) dan berat segar tanaman bayam (12,50; 79,56; dan 102,63 g/pot). Aplikasi bakteri tersebut pada lahan-lahan salin akan bermanfaat untuk pembudidayaan sayuran.

Katakunci : *Amaranthus* sp.; PGPR; Salinitas; Pupuk organik hayati

ABSTRACT. The use of biological fertilizers is one of efforts to environmental safely on cultivation. This study was aimed to determine the extent of resistance of phosphate solubilizing bacteria and nonsymbiotic nitrogen fixing bacteria to salinity and their ability of providing P and N for *Amaranthus* growth. The research was carried out at the Laboratory and the Glass House of Microbiology of Cibinong Science Center (LIPI), Bogor, West Java, from February to December 2013. A factorial completely randomized design with three replications was used in this research. The first factor was PGPR in a biological organic fertilizer i.e. A, B, C, D (A+B), E (A+C), F (B+C), G (A+B+C), H (ABC+TSP+ KCl+Urea+compost), I (TSP+KCl+Urea+ABC), and J (compost+ABC), and control (K1 = compost, K2 = without fertilizer, K3 = TSP+KCl+Urea). The second factor was watering with (1) sea water and (2) fresh water. *Amaranthus* plants were grown in pots by using soil media and maintained in a glass house. Variable observed were plant height, plant fresh weight, soil pH, soil salinity, bacterial populations, soil PME-ase, and P-available, on 7 and 28 days after planting (DAP). The results showed that sea water with the salinity up to 30 dS/m exhibited significant effects on bacterial populations, PME-ase production, the availability of P, plant height, and fresh weight. All bacteria were resistant to saline condition, and it was indicated that *Azotobacter* was more resistant to saline than *Azospirillum*. Bacterial isolates in each inoculant of B, H, and J were able to survive in the salinity of 2.03; 4.0; and 4.0 dS/m, with populations of 27.88 and 79x10⁵ cell/g soil. PME-ase was produced in B, H, and J which were 0.60, 0.62; and 0.55 mg pnitrophenol/ml and also P-available of 5.96; 8.95; and 7.30 ppm respectively. Those inoculants were also given positive impacts on plant height i.e. 14.47; 21.50; and 25.83 cm, and on fresh weight i.e. 12.50; 79.56; and 102.63 g/pot. The application of the bacteria on saline areas will be beneficial for vegetable cultivation.

Keywords: *Amaranthus* sp.; PGPR; Salinity; Biological organic fertilizers

Salin merupakan sifat dari air laut yang mengandung 3,5% garam, 55% garam klorida, 31% natrium, 8% sulfat, 4% magnesium, 1% kalsium, 1% potassium, dan 1% karbohidrat + bromide + asam borak + strontium, serta florida (Waters 1998 *et al.*). Air laut memberikan dampak yang kurang baik pada populasi bakteri

dan pertumbuhan tanaman, tetapi beberapa bakteri biofertilizer dapat bertahan dan berpengaruh positif pada tanaman (Widawati 2013). Penyiraman air laut pada tanaman dalam pot di media tanah biasa merupakan salah satu upaya untuk mencari pupuk organik hayati yang baik, efektif, dan tahan terhadap salinitas tinggi

serta dapat membantu pertumbuhan tanaman, khususnya untuk tanah daerah *coastal ecosystem*.

Tanah merupakan media tumbuh tanaman yang bersifat alami yang mengandung mineral organik, anorganik, dan mikroba yang bersifat *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR), khususnya pada tanah di daerah perakaran tanaman. Seperti diketahui bahwa unsur fosfor (P) dan nitrogen (N) merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan untuk keberlangsungan hidup tanaman. Unsur tersebut akan tersedia bagi tanaman jika dibantu oleh bakteri yang hidup di sekitar tanaman yang disebut PGPR. Beberapa bakteri yang termasuk dalam PGPR adalah bakteri penambat nitrogen seperti genus *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, dan bakteri pelarut fosfat. Bakteri-bakteri tersebut mampu memproduksi zat tumbuh seperti *indole acetic acid* (Biswas et al. 2000, Widawati & Muharam 2012).

Kelompok bakteri PGPR indigenus tidak semuanya efektif membantu menyediakan unsur N dan P untuk tanaman, khususnya di tanah salin maka harus menambahkan bakteri PGPR tahan salin untuk membantu pertumbuhan tanaman di lingkungan ekstrim (salin) dalam mendapatkan unsur tersebut. Secara biologi, unsur P dapat diserap oleh akar tanaman jika bakteri pelarut fosfat melepaskan keterikatannya dari Al dan Fe (Fe-fosfat dan Al-fosfat pada tanah masam) dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada tanah basa. Bakteri pelarut fosfat membantu pelarutan P terikat oleh sekresi asam dan mineralisasi komponen fosfat organik dengan mengubahnya menjadi anorganik (Cunningham & Kuyack 1992). Mineralisasi fosfat organik juga melibatkan peran mikroba tanah melalui produksi enzim fosfatase misalnya enzim fosfomonoesterase dan enzim tersebut yang bertanggungjawab dalam proses hidrolisis P organik menjadi fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman dalam tanah (Pang & Kolenk 1986, Mearyard 1999). Unsur N diserap oleh akar tanaman dalam bentuk NH_3 , tetapi unsur N di udara sebagian besar tersedia dalam bentuk N_2 maka bakteri penambat nitrogen akan membantu mengubah N_2 dari udara menjadi NH_3 dengan menggunakan enzim nitrogenase, kemudian NH_3 diubah menjadi glutamin atau alanin (Waters et al. 1998). Bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* selain sebagai bakteri penambat nitrogen juga mampu melarutkan P terikat (Widawati & Muharam 2012).

Ketersediaan unsur P dan N sangat ditentukan oleh pH tanah, jumlah, dan tingkat dekomposisi bahan organik serta aktivitas bakteri dalam tanah, sedangkan populasi bakteri di dalam tanah dipengaruhi oleh tingkat kemasaman dan kandungan hara utama seperti karbon (C), N, P, Kalium (K) dan sejumlah macam

unsur mikro. Populasi dan macam bakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat dalam tanah dapat diketahui dengan cara mengisolasi bakteri dari tanah di daerah sekitar perakaran tanaman (*rhizosphere*).

Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh salinitas (air laut) terhadap populasi bakteri PGPR, pelarutan P, dan produksi PME-ase, dan pengaruh pemberian pupuk organik hayati yang mengandung bakteri PGPR terhadap pertumbuhan tanaman bayam. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini, yaitu bahwa (1) penyiraman dengan air berkadar garam tertentu berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri, produksi PME-ase, dan P tersedia serta (2) kandungan bakteri PGPR dalam pupuk organik hayati berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai bahan rekomendasi pemberian bakteri PGPR pada lahan-lahan salin untuk pembudidayaan sayuran.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan sejak bulan Februari sampai dengan Desember 2013 di Laboratorium dan Rumah Kaca Mikrobiologi LIPI Cibinong, Bogor, Jawa Barat.

Uji Isolat pada Media Salin

Sembilan isolat *Azospirillum* sp. (AZP667A, AZP652A, AZP671A, AZP674C, AZP50B, AZP650F, AZPF, AZPG, dan AZPC) yang diisolasi dari perakaran tanaman pinus di pertambangan Freeport, Timika, Papua, tiga isolat *Azotobacter* sp. (AZT1A, AZT1B, dan AZT1C) yang diisolasi dari tanah sawah tepi pantai, Cilacap), enam isolat *Azotobacter* sp. (AZT1999P1, AZT1999P2, AZT1999P3, AZT2007P2, AZT2007P3, dan AZT2007P5) yang diisolasi dari tanah sawah tepi pantai, Cilacap), enam isolat bakteri pelarut fosfat (BPF1999P5, BPF1999P2, BPF1999P3, BPF2007P1, BPF2007P2, dan BPF2007P5) yang diisolasi dari tanah perakaran karet di PTPN VII, Bandar Lampung) terbukti tahan terhadap media salin hingga 0,4%. Analisis tersebut dilakukan dengan menumbuhkan masing-masing isolat murni cawan petri yang berisi media pikovskaya (10 g/l glukosa, 5 g/l Ca_3PO_4 , 0,5 g/l $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,2 g/l KCl, 0,1 g/l $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,01 g/l $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0,5 g/l yeast ekstrak dan 0,01 g/l $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada pH 7,0) yang di diberi NaCl 0 %, (0 g), 0,1 % (1 g/l), 0,2 g (2 g/l), 0,3 % (3 g/l), dan 0,4 % (4 g/l). Perkembangannya diamati selama 7 hari di suhu kamar.

Pembuatan Inokulan Cair dan Padat

Seluruh isolat, masing-masing satu Ose, diremajakan kembali ke media *polypeptone yeast*

extract (PYE = 5 g polipepton, 5 g ekstrak ragi, 5 g glukosa, 1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan 20 g agar dilarutkan dalam 1l akuades) yang disimpan miring pada tabung besar dengan volume 25 ml media. Isolat dari tabung besar tersebut kemudian masing-masing ditransfer ke dalam Erlenmeyer berisi medium PYE cair (500 ml). Kemudian inokulan cair dalam erlenmeyer tersebut digoyang dengan *shaker* pada kecepatan 120 rpm selama 5 hari atau hingga populasi bakteri telah mencapai $\pm 10^7$ – 10^9 sel/ml. Sebanyak 60 ml inokulan cair dari masing-masing isolat disuntikkan ke dalam plastik yang berisi bahan pembawa (60 ml inokulan cair dalam 40 g granula). Inokulan A berisi isolat *Azospirillum*, yaitu AZP667A, AZP652A, AZP671A, AZP674C, AZP50B, AZP650F, AZPF, AZPG, dan AZPC (560 ml dalam 360 g granula), inokulan B berisi isolat *Azotobacter*, yaitu AZT1A, AZT1B, AZT1C, AZT1999P1, AZT1999P2, AZT1999P3, AZT2007P2, AZT2007P3, dan AZT2007P5 (560 ml dalam 360 g granula), dan inokulan C berisi isolat bakteri pelarut fosfat (BPF), yaitu BPF1999P5, BPF1999P2, BPF1999P3, BPF2007P1, BPF2007P2, dan BPF2007P5 (360 ml dalam 240 g granula). Setelah inokulan tersebut diinkubasi selama 5–7 hari pada temperatur ruang maka inokulan tersebut siap diinokulasikan ke tanaman bayam.

Penanaman Bayam dalam Pot di Rumah Kaca

Tanaman bayam merah dipilih untuk penelitian ini, karena memiliki sifat yang sangat toleran terhadap perubahan iklim dan tipe tanah, serta dapat hidup di dataran rendah hingga menengah. Pertumbuhan bayam membutuhkan sinar matahari yang tinggi untuk mendapatkan suhu optimum, yaitu sekitar 20–30°C dan curah hujan rerata sebesar 1.000–2.000 mm, serta kelembaban di atas 60% (Bandini & Azis 2001). Bayam termasuk tanaman sayuran yang tumbuh cepat dan biasanya dalam waktu kurang dari 1 bulan sudah dapat dipanen.

Penanaman bayam dalam pot menggunakan media tanah sebanyak 2 kg/pot. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama, yaitu Pupuk A, B, C, D (A+B), E (A+C), F (B+C), G (A+B+C), H (ABC+TSP+KCl+Urea+kompos), I (TSP+KCl+Urea+ABC), J (kompos+ABC), K1 (kompos), K2 (tanpa pupuk), dan K3 (TSP+KCl+Urea). Faktor kedua, yaitu penyiraman dengan (1) air laut dan (2) air tawar. Analisis dilakukan terhadap tanah sebelum dan sesudah tanam yang mencakup pH, salinitas, P tersedia, enzim fosfatase (PME-ase) dalam tanah, dan populasi bakteri. Tiga puluh hari setelah tanam (HST), tanaman bayam dipanen dan diukur rerata tinggi dan bobot tanaman segar.

Analisis Kadar P Tersedia dalam Tanah (Metode Olsen *et al.* 1954)

Sebanyak 1 g sampel tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer ukuran 100 ml. Selanjutnya, tambahkan ke dalamnya 20 ml pereaksi Olsen, kemudian labu erlenmeyer tersebut digoyang selama 30 menit pada kecepatan 120 rpm. Tahap selanjutnya, yaitu memasukkan ekstrak sampel tanah sebanyak 2 ml ke dalam tabung mikro, lalu disentrifus selama 10 menit pada kecepatan 12.000 rpm. Sebanyak 1 ml filtrat hasil sentrifus kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dengan ditambah 5 ml pereaksi pewarna P, lalu digetar dengan *vortex* dan diinkubasi selama 30 menit. Munculnya warna biru pada sampel merupakan indikasi adanya unsur P. Kadar unsur P dalam sampel diukur serapannya dengan menggunakan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 693 nm. Pereaksi Olsen tanpa sampel tanah digunakan sebagai blanko.

Analisis Enzim Fosfomonoesterase (PME-ase) Tanah (Metode Schinner dalam Widawati *et al.* 2010)

Sebanyak 1 g sampel tanah dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambah 1 ml larutan pNPP 115 mM dan 4 ml larutan buffer pH 6,5. Selanjutnya campuran tersebut diinkubasi pada suhu 38°C selama 2 jam. Setelah itu, sebanyak 4 ml NaOH 0,5 M dan 1 ml CaCl_2 0,5 M, ditambahkan ke dalamnya lalu digetar dengan *vortex*. Selanjutnya, sebanyak 2 ml ekstrak sampel disentrifus selama 10 menit pada kecepatan 12.000 rpm. Supernatan yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan diencerkan 10 kali (0,2 ml supernatan + 1,8 ml akuades), lalu kembali digetar. Warna kuning yang dihasilkan pada sampel merupakan indikasi adanya enzim PME-ase. Kadar PME-ase dalam sampel diukur serapannya dengan menggunakan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 400 nm. Tanah steril tanpa penambahan substrat pNPP digunakan sebagai blanko.

Analisis Populasi Bakteri dalam Tanah Setelah Panen dengan Metode *Plate Count*

Penghitungan populasi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode *plate count* (Vincent dalam Widawati *et al.* 2010). Isolasi bakteri tanah dilakukan dengan menimbang 10 g tanah, dikeringanginkan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 90 ml akuades steril, lalu digoyang sampai homogen. Seri pengenceran sampel tanah disiapkan dengan konsentrasi 10^{-1} sampai dengan 10^{-7} . Selanjutnya, sebanyak 0,2 ml ekstrak tanah dari pengenceran 10^{-3} , 10^{-5} , dan 10^{-7} dimasukkan ke dalam cawan petri steril, lalu media agar selektif (50°C) dengan pH netral dituangkan ke dalamnya.

Media tersebut merupakan media NA (natrium agar = 5 g pepton + 3 g *beef extract* + 1.000 ml akuades). Media tersebut cukup efektif dalam menangkap semua jenis bakteri dalam tanah.

Data peubah hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis keragaman dan perbedaan antarperlakuan diuji lebih lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil analisis laboratorium disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis pada minggu pertama belum menunjukkan adanya pengaruh penyiraman dengan air laut terhadap media tanah, tetapi pada minggu keempat perlakuan tersebut menunjukkan perbedaan yang nyata daripada penyiraman dengan air tawar.

Berdasarkan analisis keragaman, terjadi interaksi antara faktor perlakuan, yaitu pada perlakuan inokulan E yang mengandung *Azospirillum* dan BPF. Populasi bakteri pada semua perlakuan menunjukkan jumlah yang lebih tinggi dengan penyiraman air tawar, tetapi lebih rendah pada perlakuan E. Populasi bakteri pada

perlakuan tersebut dengan penyiraman air laut dan air tawar, berturut-turut sebesar 32×10^5 dan 18×10^5 sel/g (Tabel 1).

Keberlangsungan hidup bakteri dalam inokulan yang diinokulasikan pada tanaman bayam dapat bertahan dalam lingkungan salin. Populasi bakteri dalam media tanam bayam yang disiram air laut lebih rendah dibandingkan dengan yang disiram air tawar. Jumlah populasi bakteri tersebut juga dipengaruhi oleh pH tanah yang semakin basa karena tanah terus menerus disiram air laut sehingga salinitas dalam media tanah tersebut menjadi semakin meningkat dan bersifat basa. Pada kondisi tersebut ternyata bakteri *Azotobacter* lebih tahan salin dibandingkan dengan bakteri *Azospirillum*.

Peubah yang dianalisis dari (a) media disiram air laut dan (b) media disiram air tawar, secara berturut-turut adalah sebagai berikut: (1) salinitas = 2,03 dan 0,24 dS/m, (2) pH = 7,31 dan 7,24, (3) P-tersedia: 5,96 dan 6,22 ppm, (4) PME-ase = 0,60 dan 0,97mg pnitrofenol m, dan (5) populasi bakteri = 27×10^5 dan 56×10^5 sel/g. Inokulan H (ABC+TSP+KCl+Urea+kompos) ternyata lebih tahan salin dibandingkan dengan inokulan lainnya dengan nilai salinitas sebesar 2,25 dan

Tabel 1. Hasil analisa laboratorium bakteri dalam tanah (Result of laboratorial analysis on soil bacteria)

No.	Perlakuan (Treatments)	Salinitas* (Salinity), dS/m		pH		P tersedia (P-available) ppm		PME-ase (mg pnitrofenol/m)		Populasi (Population) (10^5) sel (cell), g	
		L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Minggu ke 0 (M0) (sebelum tanam)											
Tanah asal		1,21 cdef	0,10 a	7,52 abc	7,00 a	3,26 a	3,29 a	0,09 a	0,09 a	1 a	1 a
Minggu ke-1 (M1)											
1	K1	0,67 ab	0,65 j	7,71 abc	7,49 abcd	3,26 a	4,89 c	0,43 bc	0,52 bc	3 ab	9 bcde
2	K2	0,72 abc	0,24 e	7,73 abc	7,76 d	4,44 b	7,81 i	0,61 jk	0,62 efg	76 j	4 ab
3	K3	1,49 efg	0,31 f	7,48 abc	7,48 abcd	4,58 bc	4,62 c	0,53 fgh	0,49 b	17 g	4 ab
4	A	0,48 a	0,15 abc	7,71 abc	7,66 bcd	4,83 bc	5,55 de	0,42 b	0,49 b	25 h	12 def
5	B	0,50 ab	0,16 bc	7,78 bc	7,73 cd	4,67 bc	6,12 g	0,48 cdef	0,48 b	12 defg	14 efg
6	C	0,58 ab	0,43 g	7,66 abc	7,51 bcd	4,60 bc	6,85 h	0,51 defgh	0,63 fg	11 def	10 cdef
7	D	0,98 bcde	0,10 a	7,65 abc	7,57 bcd	4,94 bc	7,33 hi	0,49 defg	0,71 ijk	11 def	15 fghi
8	E	0,69 ab	0,62 ij	7,56 abc	7,48 abcd	4,74 bc	6,08 fg	0,48 cdef	0,75 k	8 bcd	1 a
9	F	0,86 abcd	0,43 g	7,76 abc	7,58 bcd	5,62 d	5,81 defg	0,51 defgh	0,53 bc	12 defg	2 a
10	G	0,94 abcd	0,86 l	7,58 abc	7,54 bcd	7,68 f	7,25 h	0,46 bcd	0,64 fgh	5 abc	6 abc
11	H	0,89 abcd	0,80 k	7,45 abc	7,34 abcd	8,67 g	11,32 k	0,51 defgh	0,64 fgh	9 cde	19 hij
12	I	0,95 abcd	0,17 cd	7,57 abc	7,18 ab	4,94 bc	5,60 def	0,42 b	0,56 cd	1 a	13 defg
13	J	1,68 fghi	0,64 ij	7,76 abc	7,65 bcd	5,62 d	15,89l	0,43 bc	0,75 k	5 abc	37l
Minggu ke-4 (M4)											
1	K1	1,68 fghi	0,17 cd	7,35 ab	7,26 abcd	4,87 bc	4,39 bc	0,47 bcde	0,66 ghi	7 bcd	8 bcd
2	K2	1,59 fgh	0,11 ab	7,57 abc	7,42 abcd	4,84 bc	4,62 c	0,46 bcd	0,72 jk	9 cde	11 cdef
3	K3	1,27 def	0,19 cde	7,31 ab	7,23 abc	4,92 bc	3,26 a	0,53 fgh	0,61 defg	5 abc	9 bcde
4	A	1,49 efg	0,22 de	7,55 abc	7,32 abcd	4,96 c	4,01 b	0,53 fgh	0,62 efg	11 def	23 jk
5	B	2,03 hij	0,24 e	7,31 ab	7,24 abc	5,96 de	6,22 g	0,60 ijk	0,97 m	27 hi	56 m
6	C	1,66 fghi	0,43 g	7,26 a	7,16 ab	5,00 c	5,47 d	0,52 efg	0,64 fgh	17 g	28 k
7	D	1,80 ghij	0,16 bc	7,27 a	7,21 ab	5,08 c	4,57 c	0,54 gh	0,63 fg	16 fg	20 ij
8	E	2,15 ij	0,47 g	7,74 abc	7,38 abcd	5,98 de	6,01 efg	0,56 hij	0,81 l	32 i	18 ghij
9	F	1,36 defg	0,59 hi	7,44 abc	7,21 ab	5,96 de	7,34 hi	0,61 jk	0,86 l	27 hi	71 n
10	G	1,63 fgh	0,53 h	7,34 ab	7,20 ab	5,75 d	5,42 d	0,51 defgh	0,59 def	14 efg	26 k
11	H	2,25 j	0,95 m	7,88 c	7,78 d	8,95 g	8,81 j	0,62 k	0,73 jk	88 k	200 o
12	I	2,02 hij	0,36 f	7,54 abc	7,16 ab	5,08 c	4,58 c	0,53 fgh	0,57 cde	17 g	23 jk
13	J	2,20 j	0,85 kl	7,89 c	7,34 abcd	7,30 ef	8,69 j	0,55 hi	0,69 hij	79 j	200 o

*L= air laut (sea water); T= air tawar (fresh water)

Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata dengan uji DMRT pada taraf 5% (Values followed with the same letter in the same column were not significantly different at DMRT 5%)

0,95 dS/m, pH = 7,88 dan 7,78, P-tersedia = 8,95 dan 8,81 ppm, PME-ase = 0,62, dan 0,73 mg pnitrofenol m-1, dan populasi bakteri = 88×10^5 dan 200×10^5 sel/g.

Bakteri A dan C serta bakteri yang terkandung dalam inokulan D, E, F, G, I, dan J adalah lebih rendah daripada bakteri B (*Azotobacter*) dan inokulan H, tetapi secara statistik menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kontrol. Hal tersebut memperlihatkan bahwa semua bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik (*Azospirillum* dan *Azotobacter*) dan pelarut fosfat tahan terhadap kondisi salin, karena masing - masing bakteri masih mampu memproduksi enzim PME-ase dan P tersedia serta populasinya bertambah jika dibandingkan dengan populasi semula.

Hal yang serupa terjadi pada percobaan Widawati (2013), bahwa bakteri pelarut P dan penambat N mampu menaikkan produksi padi di tanah salin serta mampu memproduksi PME-ase, P tersedia, dan meningkatkan populasinya. Menurut Jolly *et al.* (2010), bakteri *Azospirillum* dapat hidup dan menyebar luas pada daerah rizosfir di beberapa ekosistem tanah dan populasinya tinggi pada rizosfir tanaman rumput tropis (Baldani *et al.* 1997) dan secara hayati

merupakan bakteri heterotrofik dalam tanah dan zona akar. Genus *Azotobacter* dan bakteri pelarut fosfat tersebar di rizosfir dan termasuk dalam kelompok PGPR (Biswas *et al.* 2000), dan juga termasuk kelompok bakteri yang mampu menghasilkan enzim PME-ase (Kunito *et al.* 2012, Widawati & Muharam 2012). Bakteri tersebut mampu menyediakan unsur P dan memproduksi enzim fosfatase, karena adanya proses induksi pada saat jumlah P terbatas dan pada saat bakteri tumbuh sehingga membutuhkan P yang tinggi (Savin *et al.* 2000).

Penyiraman air laut berpengaruh terhadap keberlangsungan hidup bakteri dalam inokulan yang diinokulasikan pada tanaman bayam. Populasi bakteri dalam media tanam bayam yang disiram air laut lebih rendah dibandingkan dengan yang disiram air tawar, kecuali pada perlakuan E (Tabel 1). Jumlah populasi bakteri tersebut juga dipengaruhi oleh pH tanah yang semakin basa karena tanah terus menerus disiram air laut sehingga salinitas tanah menjadi semakin meningkat dan bersifat basa. Derajat asam dan basa tanah sangat berpengaruh pada populasi bakteri dalam tanah.

Tabel 2. Pengaruh bakteri tahan salin terhadap hasil bobot segar tanaman bayam (*Effect of saline resistant bacteria on fresh weight of Amaranthus*)

No.	Bakteri tahan salin (<i>Saline resistant bacteria</i>)	Tinggi tanaman (<i>Plant height</i>), cm		Bobot segar tanaman (<i>Plant fresh weight</i>), g/pot	
		L*	T	L	T
Minggu pertama (M1)					
1	K1 (Tanpa pupuk) (<i>Without fertilizer</i>)	1,5 a	2,2 a	0,08 a	0,08 a
2	K2 (Kompos) (<i>Compost</i>)	2,3 a	3,2 ab	0,24 ab	0,93 bc
3	K3 (TSP+KCl+Urea)	2,3 a	3,3 ab	0,10 ab	0,24 a
4	A	2,4 a	3,2 ab	0,44 abc	1,97 ef
5	B	2,5 a	4,0 ab	0,74 c	3,50 gh
6	C	3,3 a	4,0 ab	0,60 bc	3,00 g
7	D (A+B)	3,2 a	3,3 ab	0,67 c	3,41 g
8	E (A+C)	3,0 a	4,1 ab	0,38 abc	2,46 f
9	F (B+C)	3,1 a	4,3 ab	0,40 abc	2,03 ef
10	G (A+B+C)	3,1 a	4,3 ab	0,50 abc	1,24 cd
11	H(ABC+TSP+KCl+Urea+Kompos)	4,0 a	5,0 ab	4,66 e	6,36 i
12	I (TSP+KCl+Urea +ABC)	2,3 a	4,0 ab	0,10 ab	1,58 de
13	J (Kompos+ABC)	4,0 a	6,0 ab	7,51 i	8,30 j
Minggu keempat (M4)					
1	K1 (Tanpa pupuk) (<i>Without fertilizer</i>)	6,5 b	7,83 bc	0,40 abc	0,65 b
2	K2 (Kompos) (<i>Compost</i>)	10,17 b	13,83 d	1,60 d	3,99 h
3	K3 (TSP+KCl+Urea)	7,50 b	12,67 cd	1,66 d	10,45 j
4	A	12,50 bc	25,00 gh	6,13 g	61,40 i
5	B	14,47 bc	20,00 efg	12,50 j	77,50 p
6	C	14,33 bc	23,67 fgh	6,68 h	69,68 o
7	D (A+B)	13,17 bc	19,67 ef	7,56 i	75,98 p
8	E (A+C)	13,83 bc	22,67 fgh	20,45 l	59,19 n
9	F (B+C)	15,67 c	23,33 fgh	17,85 k	47,08 m
10	G (A+B+C)	15,67 c	16,17 de	32,13 m	40,55 l
11	H(ABC+TSP+KCl+Urea+kompos)	21,50 d	25,17 h	79,56 n	121 q
12	I (TSP+KCl+Urea +ABC)	14,50 bc	15,00 de	5,22 f	39,29 k
13	J (Kompos+ABC)	25,83 d	26,83 h	102,63 o	128,36 r

*L= air laut (*sea water*); T= air tawar (*fresh water*);

Angka rerata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata dengan uji DMRT pada taraf 5% (*Values followed with the same letter in the same column were not significantly different at DMRT 5%*)

Bakteri pelarut fosfat termasuk bakteri penambat nitrogen yang dapat melarutkan fosfat dalam inokulan A,B,C,D,E, F, G, H, dan I menunjukkan ketahanan terhadap salinitas tinggi. Seperti dikemukakan oleh Seshadri *et al.* (2002), bahwa bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri pemacu pertumbuhan tanaman yang dapat hidup di habitat pantai pasang surut, lepas pantai, pesisir, laut serta daerah hutan bakau (*mangrove*). Bakteri pelarut fosfat juga dapat memproduksi enzim ACC deaminase (1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase E.C.4.1.99.4) dalam sitoplasma, khususnya *Pseudomonas* sp. strain ACP (Honma & Shimomura 1978). Bakteri tersebut juga telah membantu tanaman tumbuh di lingkungan salin (Husen *et al.* 2007). Jadi bakteri penambat nitrogen yang mampu melarutkan fosfat (Widawati *et al.* 2010) dapat digunakan untuk menyuplai bahan organik tanah dan menstimulasi pertumbuhan tanaman.

Penurunan dan kenaikan populasi bakteri akibat siraman air laut juga akan berpengaruh dalam pembentukan enzim PME-ase sehingga aktivitas bakteri pelarut P tersedia bagi tanaman juga menjadi rendah. Hal tersebut menyebabkan pertumbuhan bayam terganggu (Tabel 1 dan 2).

Hal yang sama juga akan terjadi pada penambatan N bebas dari udara. Pertumbuhan tanaman bayam tersendat, karena kurangnya pasokan nutrisi yang akan dihasilkan oleh bakteri (Tabel 2). Tanaman bayam yang diinokulasi oleh inokulan bakteri tunggal maupun campuran (A, B, C, D, E, F, G, H, I) dan disiram dengan air laut, menunjukkan pertumbuhan yang agak kerdil, tetapi masih memperlihatkan hasil yang baik dibandingkan kontrol (K1, K2, K3) dan ada peningkatan jika dibandingkan dengan keadaan semula/awal (M0). Pertumbuhan juga semakin meningkat di minggu pertama hingga minggu ke-4. Penambahan bakteri dalam inokulan dengan jumlah populasi 10^9 pada media tanah dengan populasi awal bakteri 10^5 , dapat menaikkan populasi bakteri dalam media tanah menjadi 200×10^5 atau 2×10^7 sel/g tanah pada perlakuan dengan air tawar, dan 79×10^5 atau $7,9 \times 10^6$ sel/g tanah pada perlakuan dengan air laut, sedangkan yang disiram air tawar khususnya untuk media tanah yang dipupuk dengan inokulan H, populasi bakterinya menjadi 10^8 . Menurut Obaton (1977), tanah subur akan mengandung bakteri sekitar $\geq 10^7$ sel/g tanah.

Hasil analisis statistik pada tanaman bayam segar (Tabel 2), menunjukkan bahwa inokulan B, H, dan J lebih unggul dibandingkan dengan inokulan lain (A, C, D, E, F, G, I) ataupun K1, K2, K3. Selang hasil pada kondisi salin untuk peubah tinggi tanaman pada perlakuan B, H, dan J berturut-turut, yaitu 2,5 – 4,0

cm, 4,0 – 21,50 cm, dan 4,0 – 4,0 cm, serta untuk berat segar tanaman, berturut-turut sebesar 0,74 – 12,50 g/pot, 4,66–79,56 g/pot, dan 7,51 – 7,51 g/pot. Tanaman yang disiram air laut pada minggu pertama menunjukkan pertumbuhan yang terhambat, namun di akhir percobaan tinggi tanaman meningkat, kecuali yang diberi inokulan J. Hal yang serupa terjadi pada bobot segar tanaman bayam.

Tanaman padi yang ditumbuhkan pada tanah salin yang mengandung bakteri PGPR memberikan respons yang kurang optimal pada peubah tinggi tanaman dan produksi padi (Widawati 2013, Wijebandara *et al.* 2009). Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh perakaran yang terhambat untuk menyerap unsur hara makro dan mikro dalam tanah. Menurut Tejada *et al.* (2006), kondisi salin dapat menghambat penyerapan nutrisi dan mineral seperti Ca^{2+} , K^+ , N, dan P oleh tanaman. Dengan demikian, salinitas tidak secara penuh menghambat bakteri PGPR dalam membantu pertumbuhan tanaman bayam. Tanaman dapat toleran terhadap NaCl, karena mempunyai kemampuan untuk menahan pengaruh racun NaCl dan ketidakseimbangan hara.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penyiraman dengan air laut yang berkadar garam 30 dS/m mampu memacu pertumbuhan populasi bakteri, produksi enzim PME-ase, dan P tersedia. Demikian pula terhadap pertumbuhan dan bobot segar tanaman bayam. Semua bakteri yang diuji menunjukkan ketahanan terhadap kondisi salin. Bakteri *Azotobacter* terbukti lebih tahan salin daripada bakteri *Azospirillum*.

Hasil penelitian menunjukkan peluang penggunaan kelompok bakteri PGPR untuk digunakan pada lahan salin yang digunakan dalam pembudidayaan tanaman. Dengan demikian, pemberian PGPR pada lahan-lahan salin diharapkan dapat meningkatkan produktivitas lahan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Baldani, JI, Caruso Vera L, Baldani, LD, Silvia, R, Goi & Dobreiner, J 1997, 'Recent advance in BNF with non-legume plants', *Soil Biol. Biochem.*, vol. 29, no. 5-6, pp. 911-22.
2. Bandini, Y & Azis, N 2001, *Bayam*, Penebar Swadaya, Jakarta (ID).
3. Biswas, JC, Ladha, JK & Dazzo, FB 2000, 'Rhizobial inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice', *J. Soil Sci. Soc. Am.*, vol. 64, pp. 1644-50.
4. Cunningham, JE & Kuiack, C 1992, 'Production of citric and oxalic acid and solubilization of calcium phosphate by *Penicillium bilail*', *Appl. Environ. Microbial.*, vol. 58, pp. 1451-8.

5. Djufry, F, Sudarsono & Lestari, MS 2011, 'Tingkat toleransi beberapa galur harapan padi pada kondisi salinitas di lahan rawa pasang surut', *Jurnal Agrivigor*, vol. 10, no. 2, hlm. 196-207.
6. Glick, BR 1995, 'The enhancement of plant growth by free-living bacteria', *Can. Journal. Microbiol.*, vol. 4, pp. 109-17.
7. Honma, M & Shimomura, T 1978, 'Metabolism of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid', *Agric Biol. Chem.*, vol. 42, pp. 1825-31.
8. Husen, E, Simanungkalit, RMD, Saraswati & Irawan 2007, 'Characterization and quality assessment of Indonesian commercial biofertilizers', *Ind. of Agr. Sci.*, vol. 8, pp. 31-8.
9. Jolly, SN, Shanta, NA & Khan, ZUM 2010, 'Phytoplankton quantification of heterotrophic bacteria and *Azospirillum* from the rhizosphere of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) and the nitrogen fixing potential of isolated *Azospirillum*', *Intern. J. Botany*, vol. 6, pp. 117-21.
10. Kunito, T, Tobitani, T, Moro, H & Toda, H 2012, 'Phosphorus limitation in microorganisms leads to high phosphomonoesterase activity in acid forest soils, Pedobiologia-Intern', *J. Soil Biology*, vol. 55, no. 5, pp. 263-70.
11. Mearyard, B 1999, 'Phosphate enzymes from plants', *J. Biological Education*, vol. 33, no. 2, pp. 109-12.
12. Obaton, M 1977, *Biological nitrogen fixation in farming system of the tropics*, Ayanaba & Dart (eds.) Willey, London.
13. Olsen, SR, Cole, CV, Watanabe, FS & Dean, LA 1954, Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, USDA Circular 939 Government Printing Office, Washington, USA.
14. Pang, PCK & Kolenk, H 1986, 'Phosphomonoesterase activity in forest soils', *Soil Biol. Biochem.*, vol. 18, no. 1, pp. 35-40.
15. Savin, MC, Taylor, H, Gorres, JH & Amador, JA 2000, 'Seasonal variation in acid phosphatase activity as a function of landscape position and nutrient inputs', *J. Agronomy*, vol. 92, pp. 391-3.
16. Seshadri, S, Muthukumarasamy, R, Lakshminarasimhan, C & Ignacimuthu, S 2002, 'Solubilization of inorganic phosphates by *Azospirillum halopraejerans*', *Curr. Sci.*, vol. 5, pp. 565-7.
17. Waters, TK, Hughes, II, BL, Purecell, LC, Gerhardt, KO, Mowhinney, TP & Emerich, DW 1998, 'Alanine, not ammonia, is excreted from N₂-fixing soybean nodule bacteroids', *Natl. Acad. Sci.*, vol. 95, pp. 12038-42.
18. Widawati, S, Suliasih & Muharam, A 2010, 'Pengaruh kompos yang diperkaya bakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman kapri dan aktivitas enzim fosfatase dalam tanah', *J. Hort.*, vol. 20, no. 3, hlm. 207-15.
19. Widawati, S & Muharam, A 2012, 'Uji laboratorium *Azospirillum* sp. yang diisolasi dari beberapa ekosistem', *J. Hort.*, vol. 22, no. 3, hlm. 258-67.
20. Widawati, S 2013, 'The effect of salinity to activity and effectivity phosphate solubilizing bacteria on growth and production of paddy', *Proc. Intern. Conf. on Biol. Sci. Faculty of Biology*, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
21. Wijebandara, DM, Iranie, D, Dasog, GS, Patil, PL & Hebbar M 2009, 'Response of rice to nutrients and biofertilizers under conventional and system of rice intensification methods of cultivation in Tungabhadra command of Karnataka', *J. Agric. Sci.*, vol. 22, no. 4, pp. 741-50.
22. Tejada, M, Garcia, C, Gonzalez, JL & Hernandez, MT 2006, 'Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil', *Soil Bio. & Biochem.*, vol. 38, pp. 1413-21.