

PEMANFAATAN BAKTERI ENDOFIT DAN FOSFAT UNTUK PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN SAMBILOTO

*Utilizing Endophytic Bacteria and Phosphate for Growth and Yield of *Andrographis paniculata**

GUSMAINI¹⁾, DIDY SOPANDIE²⁾, SANDRA ARIFIN AZIZ²⁾, ABDUL MUNIF²⁾, dan NURLIANI BERMAWIE¹⁾

¹⁾Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor, Indonesia 16111

²⁾Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor Indonesia 16680

email: gusmaini672@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman sambiloto merupakan tanaman penghasil andrografolid, yang berfungsi sebagai bahan baku obat. Salah satu yang dapat memacu produksi andrographolid tersebut dengan memanfaatkan bakteri endofit dan fosfat. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh bakteri endofit dan fosfat terhadap pertumbuhan, produksi dan kadar andrografolid serta serapan hara N, P, dan K pada tanaman sambiloto. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Cimanggu Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro), Bogor dari bulan Juni 2012-Februari 2013. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok, faktorial, 9 perlakuan dan 3 ulangan. Faktor pertama yaitu bakteri endofit; 1) tanpa bakteri, 2) 20CD, dan 3) 20BB. Faktor kedua adalah dosis pupuk P; 1) tanpa pupuk, 2) 27 kg/ha P, dan 3) 54 kg/ha P. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit dan P nyata meningkatkan pertumbuhan, produksi biomas, kadar dan produksi andrografolid, serta serapan hara N, P, dan K pada umur tanaman 14 MST, namun tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut. Pemberian bakteri endofit dapat meningkatkan kadar dan produksi andrografolid, masing-masing berkisar 16,9-29,9% dan 37,6-45,7%. Dosis 27 kg/ha P direkomendasikan untuk menghasilkan produksi bahan kering dan produksi andrografolid, dengan kadar andrografolid yang diperoleh 2,56%. Produksi andrografolid terbaik, tanaman dipanen pada fase awal generatif.

Kata kunci: *Andrographis paniculata*, andrografolid, bakteri endofit, pertumbuhan, fosfat, produksi.

ABSTRACT

Andrographis paniculata produce andrographolide, which have functions as raw material for medicine. One can stimulate andrographolide yield by utilizing endophytic bacteria and phosphate. This research objectives were to obtain effect of endophytic bacteria and phosphate on growth, yield and andrographolide content, N, P, and K uptake of *A. paniculata*. The research was conducted at the experimental garden of ISMCRI, at Cimanggu, Bogor from June 2012-February 2013. The trial was arranged in Random Block Design, factorial, 9 treatments and 3 replications. The first factor were endophytic bacteria; 1) without endophytic bacteria, 2) 20CD, and 3) 20BB. The second factor were the levels of P; 1) without P, 2) 27 kg/ha P, and 3) 54 kg/ha P. The results showed that Endophytic bacteria application and P fertilizer significantly increased plant growth, dry matter yield, andrographolide content and yield, and N, P, K uptake, but there were no interaction between endophytic bacteria and P treatments. Giving of endophytic bacteria improved content and yield of andrographolide ranging 16,9-29,9% and 37,6-45,7% respectively. A dosage of 27 kg/ha P was recommended to produce dry matter and andrographolide yield, and andrographolide

content obtained 2.56%. The best andrographolide yield should be harvested at the beginning of generative phase.

Keywords: *Andrographis paniculata*, andrographolide content, endophytic bacteria, phosphate, yield.

PENDAHULUAN

Sambiloto merupakan salah satu tanaman obat yang mempunyai banyak khasiat antara lain sebagai anti diabetes (ZHANG *et al.*, 2009), anti mikrob (XU *et al.*, 2006), anti kanker (CHENG *et al.*, 2007). Tanaman sambiloto mengandung beberapa senyawa kimia antara lain terpenoid, flavonoid, alkane, keton, aldehid, mineral (kalium, kalsium, natrium), asam kersik, dan dammar (RAO *et al.*, 2004). Senyawa-senyawa tersebut banyak terkandung didalam daun tanaman sambiloto dengan senyawa utama andrografolid.

Andrografolid merupakan senyawa lakton dari golongan terpenoid khususnya diterpenoid (SRIVASTAVA dan AKHILA, 2010). Golongan terpenoid pada proses biosintesisnya memerlukan fosfat. Hal tersebut diawali pada pembentukan energi pada proses fotosintesis, sintesis asam nukleat, respirasi dan sinyal seluler (VANCE *et al.*, 2003). Fotosintesis menghasilkan glukosa-6-fosfat sebagai prekursor pembentukan asetil CoA. Selanjutnya P digunakan pada setiap proses pembentukan senyawa asam mevalonat sehingga terbentuk diterpenoid (BRIELMANN, *et al.*, 2006; SRIVASTAVA dan AKHILA, 2010). Salah satu cara untuk memacu pertumbuhan dan meningkatkan kandungan andrografolid pada tanaman sambiloto perlu penambahan P.

Cara lain yang dapat memacu pertumbuhan dan meningkatkan kadar metabolit sekunder, selain P yaitu dengan memanfaatkan bakteri endofit. Pemacu pertumbuhan secara langsung terjadi ketika bakteri sebagai pemacu pertumbuhan memberikan senyawa yang mempengaruhi metabolisme tanaman atau memfasilitasi akuisisi tanaman dari hara yang tidak tersedia di tanah. Mekanisme langsung yang paling penting pada bakteri pemacu

pertumbuhan tanaman adalah: 1) dapat mengikat hara terutama N secara biologi (ASIS *et al.*, 2004), dan melarutkan hara P (PANHWAR *et al.*, 2012), dan 2) mensintesis fitohormon atau senyawa-senyawa yang mengatur pertumbuhan tanaman (BOIERO *et al.*, 2007).

Peranan fitohormon selain dapat memacu pertumbuhan tanaman juga dapat meningkatkan kadar metabolit sekunder. Pemberian ABA dan GA₃ dengan konsentrasi 5 µM dapat meningkatkan kandungan andrografolid, masing-masing menjadi 3,02 dan 2,94% (ANURADHA *et al.*, 2010). Adanya produksi hormon oleh bakteri endofit diharapkan juga mampu meningkatkan metabolit sekunder tanaman.

Peranan bakteri endofit dan hara P tersebut diharapkan dapat terimplementasi dalam budidaya tanaman sambiloto, sehingga dapat meningkatkan produksi maupun kadar andrografolid. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai pengaruh bakteri endofit dan fosfat terhadap pertumbuhan, produksi dan kadar andrografolid pada tanaman sambiloto di lapang.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan Juni 2012 – Februari 2013. Lokasi penelitian di Kebun Percobaan Cimanggu Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) pada ketinggian tempat 240 m di atas permukaan laut, dengan lintang selatan -6,576853 dan bujur timur 106,786373.

Bahan yang digunakan adalah tanaman sambiloto varietas sambina 1 dari Balitro. Pupuk yang digunakan yaitu Urea, SP-36, dan KCl serta pupuk kandang. Alat-alat yang digunakan berupa alat laboratorium untuk perbanyakan bakteri endofit dan alat-alat lapang untuk penyiapan lahan.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah acak kelompok lengkap, faktorial, 9 perlakuan dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah bakteri endofit (BE) yaitu 1) tanpa bakteri endofit, 2) bakteri endofit 20CD, dan 3) bakteri endofit 20BB. Faktor kedua adalah dosis pupuk P yaitu a) tanpa pupuk P, b) 27 kg ha⁻¹ P₂O₅ [setengah dosis], dan c) 54 kg ha⁻¹ P₂O [dosis penuh] menurut YUSRON *et al.*, (2005).

Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Persiapan lapang

Petakan dibuat dengan ukuran 4 m x 2 m = 8 m² sebanyak 27 petak yang terbagi dalam 3 ulangan, masing-masing ulangan ada 9 petak sesuai perlakuan. Jarak petak dalam ulangan dan jarak antar ulangan 1 m. Jarak tanam sambiloto adalah 40 cm x 60 cm. Pembuatan lubang tanam dilakukan seminggu sebelum tanam dengan ukuran

10 x 10 x 10 cm, sebanyak 25 buah/petak. Lubang tanam diisi dengan pupuk kandang sapi sebanyak 0,25 kg/lubang.

Persiapan benih

Benih sambiloto disemaikan di dalam media pasir pada bak plastik di rumah kaca. Setelah ± 1 bulan, benih yang telah berkecambah, kemudian dipindahkan ke dalam polibag dengan ukuran 5 x 10 cm yang telah diisi media tanah:pupuk kandang. Tiap polibag diisi dengan satu bibit tanaman sambiloto. Setelah satu bulan di pembibitan, bibit sambiloto siap ditanam ke lapang.

Pemupukan

Pupuk P yang dipergunakan adalah SP-36 dan diberikan pada saat tanam sesuai dengan standar operasional prosedur (Yusron *et al.*, 2005). Pupuk urea yang diberikan dengan dosis 200 kg/ha, yaitu ½ dosis pada saat tanam berumur 4 MST dan ½ dosis lagi pada saat tanam berumur 8 MST, sedangkan KCl diberikan pada saat tanam sebanyak 150 kg/ha.

Perbanyakan dan aplikasi bakteri endofit

Bakteri endofit 20BB dan 20CD diisolasi dari tanaman sambiloto (masing-masing terdiri dari 4 isolat yaitu dari jenis genus *Bacillus* sp.) sebagai penghasil fitohormon. Isolat 20BB menghasilkan IAA dan GA₃ masing-masing sebesar 585,7 dan 54 ppm, sedangkan isolat 20CD menghasilkan IAA dan GA₃ masing-masing sebesar 323,1 dan 60 ppm (GUSMAINI *et al.*, 2013). Perbanyakan bakteri endofit dengan cara menggunakan media TSA yang dishaker selama 2x24 jam. Suspensi bakteri endofit dengan kepadatan populasi 10¹⁰cfu/ml sebanyak 100 ml/tan, dengan frekuensi pemberian 5 kali dan selang waktu 2 minggu. Cara aplikasi dengan menyemprotkan ke daun dan disiram ke tanah masing-masing sebanyak 50 ml.

Penanaman

Penanaman dilakukan setelah lahan, dan bibit telah siap untuk dipindah ke lapang, serta lubang tanam telah diberi pupuk kandang. Cara menanam bibit sambiloto di lapang yaitu media yang ada dipolibag dipadatkan agar akarnya tidak terganggu saat dikeluarkan dari polibag, kemudian polibag dirobek, lalu tanah dan tanaman dikeluarkan, dan dimasukkan dalam lubang tanam.

Pengamatan tanaman

Paramater yang diamati meliputi pertumbuhan tanaman sambiloto (tinggi tanaman dan jumlah cabang primer), bobot tanaman, dan kadar andrografolid. Pengamatan pertumbuhan tanaman sambiloto dilakukan setiap bulan dimulai pada umur tanaman 2 MST sampai 14 MST. Komponen hasil yang diukur antara lain bobot segar dan kering tajuk serta akar tanaman; kadar dan serapan hara N, P, dan K (yang diperoleh dari hasil kali antara kadar hara tanaman dengan produksi kering biomas), kadar dan produksi andrografolid. Kadar andrografolid yang diukur

pada umur 8 (fase vegetatif) dan 14 MST (mulai fase generatif) menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) di laboratorium Biofarmaka Institut Pertanian Bogor. Tanaman sambiloto dipanen pada umur 8 dan 14 MST. Bagian tanaman yang dianalisis adalah herba yaitu batang dan daun.

Pengamatan lingkungan tumbuh

Pengamatan cuaca dilakukan selama percobaan berlangsung meliputi hari hujan dan suhu harian. Hal tersebut dilakukan dengan cara mengukur suhu harian pada saat siang hari dan menghitung hari hujan/bulan. Sebelum percobaan tanah dianalisis sifat kimia antara lain P-total, P-tersedia, C-organik, dan N-total.

Penanganan panen dan pasca panen

Tanaman dipanen dengan cara mencabut seluruh tanaman dalam bentuk herba segar, sesuai dengan waktu panen yang ditentukan yaitu 8 dan 14 MST. Setelah dipanen bagian tanaman batang, daun dan akar dipisahkan. Pengeringan dilakukan di bawah sinar matahari dengan ditutup kain hitam sampai kadar airnya mencapai 10%. Bahan tanaman yang digunakan untuk mengukur bobot segar dan kering (produksi herba) adalah bagian batang dan daun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan

Kandungan P dan C-organik pada lokasi penelitian menunjukkan kategori rendah dan suhu yang cukup tinggi, dan musim kemarau. Pada saat penelitian berlangsung pada kondisi iklim kemarau panjang, hari hujan hanya terjadi 1-2 hari/bulan dengan intensitas relatif rendah (Tabel 1). Iklim menentukan waktu panen bagi tanaman yang menghasilkan senyawa metabolit sekunder. Pada kondisi iklim normal, umumnya sambiloto dipanen pada umur 16 MST ditandai dengan munculnya primordia bunga, tetapi karena iklim kering dan suhu cukup tinggi maka umur 14 MST sudah dipanen.

Tabel 1. Kondisi lahan dan iklim di lokasi percobaan

Table 1. Land condition and climate at location

Jenis pengujian (Kind of test)	Hasil pengujian (Result test)	Keterangan (Note)
P total (%)	0,067	Rendah
P tersedia (ppm)	4,21	Rendah
C-org (%)	1,91	Rendah
N-total (%)	0,20	Rendah
Suhu (°C)	32-35	Cukup tinggi
Hari hujan	1-2 hari/bulan	Kemarau panjang
pH	5,5	Agak masam

Tinggi Tanaman dan Jumlah Cabang Primer

Pemberian bakteri endofit dan P belum memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman berumur 8 MST (fase vegetatif). Hal tersebut diduga proses metabolit primer maupun sekunder belum berjalan optimal, sehingga tinggi tanaman dan jumlah cabang yang terbentuk serta senyawa andrografolid yang terbentuk juga belum optimal. Sebaliknya pada umur 14 MST (fase generatif), pemberian bakteri endofit dan P mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sambiloto, tetapi tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh bakteri endofit atau P terhadap pertumbuhan sambiloto pada 14 MST

Table 2. Effect of endophytic bacteria or P on king of bitter growth at 14 WAP

Perlakuan (Treatment)	Tinggi tanaman (Plant height/cm)	Jumlah cabang primer (Number of primary branch)
Tanpa bakteri	58,46 b	51,1 b
20CD	61,6 a	57,2 a
20BB	62,0 a	57,6 a
Tanpa P	59,3 a	51,5 b
27 kg/ha P	60,8 a	55,9 a
54 kg/ha P	62,0 a	56,5 a
KK (%)	15,9	11,5

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu kolom, tidak berbeda nyata dengan uji BNJ 5%.

Note: Numbers followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% HSD-test.

Pada tanaman berumur 14 MST, bakteri endofit mampu meningkatkan pertumbuhan baik tinggi tanaman maupun jumlah cabang primer. Peranan bakteri endofit dalam memacu pertumbuhan tanaman, nampak berimplikasi pada terjadinya peningkatan tinggi tanaman dan jumlah cabang primer. Bakteri pemicu pertumbuhan secara langsung memfasilitasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan mengubah fisiologi tanaman termasuk regulasi tekanan osmotik, perubahan respon stomata, penyesuaian dalam ukuran dan morfologi akar, modifikasi akumulasi nitrogen, dan peningkatan serapan hara tertentu (COMPANT *et al.*, 2005). Selain menghasilkan fitohormon diduga karena kemampuannya menyuplai hara baik unsur N melalui fiksasi (ASIS *et al.*, 2004; REGHUVARAN *et al.*, 2012), dan kemampuannya dalam menghadapi cekaman lingkungan sehingga dapat mengurangi stres biotik atau abiotik tanaman (van LOON dan BAKKER 2005; LUGTENBERG dan KAMILOVA, 2009).

Penggunaan pupuk P hanya mampu meningkatkan jumlah cabang primer tanaman sambiloto umur 14 MST. Namun tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman. Hal tersebut diduga karena pada saat percobaan di lapangan, kondisi iklim yang tidak normal, suhu rata-rata harian yang tinggi dan hari hujan yang sangat sedikit (Tabel 1) menyebabkan tanaman tidak meningkatkan pertumbuhan ke atas. Hal tersebut diduga adanya adaptasi tanaman

terhadap suhu yang lebih tinggi. Tanaman mempertahankan hidupnya dengan melakukan adaptasi melalui pembentukan cabang-cabang ke samping. Adaptasi terhadap suhu tinggi yang dilakukan tanaman tersebut untuk mempertahankan pertumbuhan dan hasil (WAHID *et al.*, 2007).

Selain itu dengan banyaknya cabang primer yang terbentuk maka daun tanaman sambiloto yang terbentuk akan banyak pula. Hal tersebut sejalan dengan produksi herba yang lebih banyak (Tabel 3). Mekanisme adaptasi lain yang dilakukan pada suhu yang cukup tinggi dalam mempertahankan hidupnya yaitu dengan mempercepat pertumbuhan vegetatif dipercepat dengan membentuk bunga lebih awal. Pada penelitian ini tanaman sambiloto mulai berbunga pada umur 13-14 minggu, sehingga harus segera dipanen. Sedangkan pada kondisi normal, tanaman sambiloto dipanen pada umur 4 BST.

Tabel 3. Pengaruh bakteri endofit atau P terhadap produksi biomassa sambiloto pada 8 dan 14 MST

Table 3. Effect of endophytic bacteria or P on king of bitter biomass at 8 and 14 WAP

Perlakuan <i>Treatments</i>	Umur 8 MST		14 MST	
	Bobot kering tajuk <i>Shoot dry weight</i>	Bobot kering akar <i>Root dry weight</i>	Bobot kering tajuk <i>Shoot dry weight</i>	Bobot kering akar <i>Root dry weight</i>
g tan ⁻¹ (g plant ⁻¹)				
Tanpa bakteri	13,57 b	3,47 b	100,23 b	11,81 a
20CD	15,57 ab	4,88 a	115,35 a	11,52 a
20BB	17,57 a	4,90 a	120,68 a	11,29 a
Tanpa P	13,97 b	3,37 c	97,18 b	10,43 b
27 kg ha ⁻¹ P	15,77 ab	4,59 b	114,40 a	12,27 a
54 kg ha ⁻¹ P	16,96 a	5,28 a	124,68 a	11,92 a
KK (%)	14,81	14,95	17,47	11,62

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu kolom, tidak berbeda nyata dengan Uji BNT 5%.

Note: Numbers followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% HSD-test.

Pemberian dosis 27 kg/ha P tanaman sudah memberikan respon yang cukup baik terhadap peningkatan jumlah cabang primer. Hal tersebut dikarenakan kondisi lahan di lokasi percobaan mengandung P rendah, sehingga tanaman lebih responsif. Sebaliknya pada dosis 54 kg/ha P meskipun nyata dibandingkan kontrol, tetapi kurang efisien karena menunjukkan hasil yang sama dengan pemberian dosis 27 kg/ha P.

Produksi Bahan Kering

Sejalan dengan pertumbuhannya pemberian bakteri endofit atau P meningkatkan produksi bahan kering tanaman baik bobot kering tajuk maupun akar pada umur tanaman 8 dan 14 MST. Kedua faktor antara bakteri endofit dan P tidak terdapat pengaruh interaksi terhadap produksi bahan kering tanaman (Tabel 3).

Bakteri endofit mampu meningkatkan bobot kering tajuk/tanaman berkisar 40,6% (20CD) dan 41,2% (20BB)

pada umur 8 MST dan 15,1% (20CD) dan 21,4% (20BB) pada umur 14 MST. Adanya peningkatan tersebut merupakan implikasi dari pertumbuhan tanaman yang juga meningkat. Peranan bakteri endofit yang dapat menghasilkan fitohormon pertumbuhan merangsang tanaman untuk tumbuh dengan cepat sehingga menghasilkan bahan biomas tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penggunaan bakteri endofit.

Bakteri endofit selain menghasilkan fitohormon dan pengikat N (MILIÛTÈ dan BUZAITÈ, 2011; SHI *et al.*, 2009), serta sebagai pertanahan tanaman QUECINE *et al.*, 2012). Selain itu juga memberikan sumbangan hara lain diberikan oleh bakteri endofit diduga melalui proses mineralisasi antara lain P, K, Ca, dan Mg serta unsur-unsur mikro seperti Fe. Penggunaan bakteri endofit mampu melarutkan P sehingga meningkatkan ketersediaan didalam tanah dan berkontribusi terhadap serapan P (MATSUOKA *et al.*, 2012).

Hasil penelitian SHI *et al.* (2009) menunjukkan bahwa tanaman yang diinokulasikan bakteri endofit, hormon endogenusnya nyata lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol. Hal tersebut dapat memacu dalam meningkatkan pembelahan dan pemanjangan sel, akibatnya pertumbuhan tanaman lebih baik. Implikasinya produksi bahan kering tanaman menjadi meningkat. Hal yang sama juga ungkapkan bahwa pemberian biostimulan yang mengandung fitohormon (IAA, GA, dan Sitokinin) dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi herba kering tanaman sambiloto (PRABHU *et al.*, 2009), dan tanaman padi (FENG *et al.*, 2006).

Pemupukan P mampu meningkatkan bobot kering tajuk berkisar 17,1% (pada dosis 27 kg ha⁻¹ P) dan 30,2% (pada dosis 54 kg ha⁻¹ P) pada umur 14 MST. Unsur P merupakan hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta memiliki fungsi dan peran penting dalam proses metabolisme tanaman. Fosfat memberikan kontribusi yang besar dalam proses fotosintesis, pembentukan energi dan produksi gula, sintesis asam nukleat, dan juga memacu fiksasi N₂ (SABER *et al.*, 2005). Pembentukan batang, cabang, dan daun ditentukan oleh jumlah fotosintat yang dihasilkan tanaman yang diperoleh dari proses fotosintesis tersebut.

Adanya pemberian P kedalam tanah membantu ketersediaan P untuk dapat diserap tanaman, sehingga proses metabolisme tanaman tidak terganggu. Pengaruh pemberian pupuk P terhadap tanaman obat telah banyak diteliti dan memberikan respon positif terhadap peningkatan produksi bahan kering tanaman. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian ARPANA dan BAGYARAJ (2007); NURAINI (2011) pada tanaman sambiloto dan pegagan (SUTARDI, 2011).

Serapan Hara N, P, dan K

Hasil analisis kandungan hara di dalam jaringan tanaman tidak terdapat perbedaan dengan pemberian bakteri endofit maupun P. Sebaliknya serapan hara N, P, K, meningkat dibandingkan dengan control. Pemberian 20BB menyerap hara sama dengan 20CD, demikian pula antara

dosis 27 dan 54 kg/ha P (Tabel 4). Serapan hara berkaitan dengan produksi bahan kering dan kandungan hara yang terdapat pada tanaman. Nilai hara yang diserap tanaman tergantung dari kedua komponen tersebut. Serapan hara tertinggi terdapat pada perlakuan pemberian bakteri endofit 20CD dan pemupukan P dengan dosis 54 kg/ha.

Tabel 4. Pengaruh bakteri endofit atau P terhadap serapan hara sambiloto pada umur 14 MST.

Table 4. Effect of endophytic bacteria or P on king of bitter nutrient content and uptake at 14 WAP.

Perlakuan Treatments	Serapan Hara Nutrient uptake		
	N	P	K
	g tan ⁻¹ (g plant ⁻¹)		
Tanpa bakteri	2,88 b	0,27 b	2,57 b
20CD	3,22 ab	0,29 b	2,79 ab
20BB	3,46 a	0,33 a	3,10 a
Tanpa P	2,89 b	0,26 b	5,46 b
27 kg ha ⁻¹ P	3,01 b	0,30 ab	7,17 ab
54 kg ha ⁻¹ P	3,65 a	0,34 a	8,18 a
KK	13,06	16,78	15,89

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu kolom atau baris, tidak berbeda nyata dengan uji BNJ 5%.

Note: Numbers followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% HSD-test.

Kadar dan Produksi Andrografolid

Pemberian bakteri endofit tidak berdampak signifikan terhadap kadar andrografolid, namun berpengaruh nyata terhadap peningkatan produksi andrografolid sebesar 16,7-38,9% dibandingkan kontrol pada umur 8 MST (Tabel 5). Pada umur 8 MST, proses metabolit primer dan sekunder sedang berlangsung.

Pada umur 14 MST, baik kadar maupun produksi andrografolid nyata meningkat dibandingkan kontrol (Tabel 5). Pada umur 14 MST ini merupakan awal pertumbuhan generatif ditandai dengan terbentuknya bunga dan proses metabolit primer dan sekunder sedang optimal. Peningkatan kadar andrografolid sebesar 16,9 (20BB) dan 29,9%

(20CD), dan peningkatan produksi andrografolid sebesar 37,6 (20BB) dan 45,7% (20CD). Kadar andrografolid tertinggi terdapat dengan memberikan bakteri endofit 20CD yaitu 2,69%.

Peningkatan andrografolid tersebut diduga karena peranan bakteri endofit yang dapat mempengaruhi biosintesis andrografolid. Bakteri endofit yang dapat menghasilkan fitohormon, tidak hanya dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi biomas tanaman tetapi juga dapat mempengaruhi kadar bahan aktif yang terkandung di dalam tanaman.

Hasil penelitian GUDHATE *et al.*, (2009), menunjukkan pemberian IAA 50 mg/l efektif meningkatkan kandungan andrografolid 45% dan biomas kering 120%. Hormon IAA dan GA₃ dapat meningkatkan kadar andrografolid pada tanaman sambiloto. (ANURADHA *et al.*, 2010; VIDYALAKSHMI dan ANANTHI, 2013). Menurut GUO *et al.*, (2008) bahwa bakteri endofit dapat memproduksi secara langsung senyawa metabolit sekunder seperti yang terkandung di dalam tanaman inang. Biomasa meningkat maka akan terjadi peningkatan produksi Andrografolid.

Pemberian P pada umur 8 MST dapat meningkatkan kadar dan produksi andrografolid. Pemberian P pada dosis 27 kg/ha pada umur 14 MST hanya meningkatkan produksi andrografolid, sedangkan kadar andrografolid sebaliknya. Kadar dan produksi andrografolid lebih tinggi pada umur 14 MST dibandingkan dengan umur 8 MST (Tabel 5).

Pemberian pupuk P nyata meningkatkan kadar andrografolid 16,4% (27 kg/ha P) dan 14,8% (54 kg/ha P), produksi andrografolid 35,3% (27 kg/ha P) dan 41,1% (54 kg/ha P) pada tanaman berumur 8 MST. Fosfat mempunyai peranan penting didalam proses metabolisme yang menyusun asam nukleat, koenzim, fosfolipid, DNA, NADP dan yang paling penting ATP. Unsur P mengaktifkan koenzim untuk menghasilkan asam amino yang digunakan dalam sintesis protein, menghasilkan karbohidrat dalam proses fotosintesis serta terlibat di banyak proses metabolisme pertumbuhan tanaman seperti glikolisis, sintesis asam lemak, dan respirasi (HENDAWY dan KHALID, 2011), termasuk dalam proses metabolisme sekunder. Senyawa kaya energi hasil proses fotosintesis yang berupa

Tabel 5. Pengaruh bakteri endofit dan pupuk P terhadap kadar dan produksi andrografolid pada 8 dan 14 MST.

Table 5. Effect of endophytic bacteria or P on king of bitter Andrographolide content and yield at 8 and 14 WAP.

Perlakuan Treatments	8 MST (WAP)		14 MST (WAP)	
	Kadar andrografolid Andrographolide content (%)	Produksi andrografolid Andrographolide yield g tan ⁻¹ (g plant ⁻¹)	Kadar andrografolid Andrographolide content %	Produksi andrografolid Andrographolide yield g tan ⁻¹ (g plant ⁻¹)
Tanpa bakteri	1,31 a	0,18 b	2,07 b	2,10 b
20CD	1,34 a	0,21 ab	2,69 a	3,06 a
20BB	1,39 a	0,25 a	2,42 a	2,89 a
Tanpa P	1,22 b	0,17 b	2,48 a	2,41 b
27 kg ha ⁻¹ P	1,42 a	0,23 a	2,56 a	2,93 a
54 kg ha ⁻¹ P	1,40 a	0,24 a	2,14 b	2,66 ab
KK (%)	10,52	20,52	12,32	10,25

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada satu kolom atau satu baris, tidak berbeda nyata dengan uji BNJ 5%.

Note: Numbers followed by the same letter in each column are not significantly different at 5% HSD-test.

glukosa 6 fosfat dari metabolit primer merupakan prekursor dalam proses pembentukan metabolit sekunder golongan terpenoid (SRIVASTAVA dan AKHILA, 2010). Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian SUTARDI (2011) dan HARTOYO (2012) menunjukkan bahwa pemberian P dapat meningkatkan kadar asiaticosida pada tanaman pegagan.

Hal yang sama juga terjadi tanaman berumur 14 MST, peningkatan produksi andrografolid disebabkan karena peningkatan produksi tajuk kering dan tidak terjadi peningkatan kadar andrografolid. Hal yang sama juga dihasilkan oleh ARPANA dan BAGYARAJ (2007) bahwa pemupukan P tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar andrografolid. Pada hasil percobaan ini menunjukkan bahwa antara dosis 27 dan 54 kg/ha P tidak berbeda nyata untuk semua parameter yang diamati. Hal tersebut diduga bahwa; 1) Ketersediaan hara P pada lahan percobaan rendah, sehingga apabila diberikan P dengan dosis sedikit saja, maka tanaman akan cepat memberikan respon. 2) Tanaman tidak efisien dalam menyerap hara P dengan dosis yang lebih tinggi. Unsur P di dalam tanah merupakan unsur yang bersifat tidak bergerak (*immobile*), jika P diaplikasikan kedalam tanah dalam jumlah yang tinggi maka akan segera diubah menjadi bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman (RODRIGUEZ dan RAGA, 1999). 3) Dosis 27 kg/ha sudah cukup untuk pertumbuhan dan produksi tanaman sambiloto. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian ARPANA dan BAGYARAJ (2007) yang menunjukkan bahwa pemberian pupuk P dengan dosis 75 dan 100% rekomendasi tidak berbeda nyata dalam menghasilkan bahan kering dan serapan hara tanaman sambiloto.

Bakteri endofit dan pupuk P tidak memberikan interaksi nyata untuk semua parameter yang diamati. Hal tersebut diduga karena di dalam tanah banyak faktor yang mempengaruhi antara lain ketersediaan hara P di dalam tanah percobaan tergolong rendah. Pemberian bakteri endofit diduga membantu melepaskan hara tersebut baik dari jerapan mineral tanah maupun dari logam-logam yang mengikat hara P. Kondisi tersebut menyebabkan tanaman dapat menyerap P yang ada di dalam tanah. Selain itu penyebab yang lain diduga karena pemberian P dapat menyebabkan kondisi iklim mikro di sekitar perakaran tanaman terjadi perubahan, sehingga aktivitas mikroba didalam tanah menjadi terhambat. Hal tersebut juga diungkapkan oleh BERTHAM dan NUSANTARA (2011) bahwa pemupukan P menekan perkembangan mikoriza, aktivitas alkalin fosfatase dan kadar C biomassa jasad renik tanah.

KESIMPULAN

Pemberian bakteri endofit dan P mampu meningkatkan pertumbuhan, produksi biomassa, kadar dan produksi andrografolid serta serapan hara N, P, dan K. Pemberian bakteri endofit dapat meningkatkan kadar dan produksi andrografolid masing-masing berkisar 16,9-29,9% dan 37,6-45,7%. Dosis 27 kg/ha P direkomendasikan untuk

menghasilkan produksi bahan kering dan produksi andrografolid, dengan kadar andrografolid yang diperoleh 2,56%. Untuk menghasilkan produksi andrografolid terbaik sebaiknya tanaman dipanen pada fase awal generatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas seluruh biaya penelitian yang telah disediakan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui Proyek KKP3T Tahun 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- ANURADHA, V.E., C.A.JALEEL, M.A. SALEM, M. GOMATHINAYAGAM, and R. PANNEERSELVAM. 2010. Plant growth regulators induced changes in antioxidant potential and andrographolide content in *Andrographis paniculata* Wall.ex Nees. *Pest. Biochem. and Physi.* 98: 312-316.
- ARPANA, J., and D.J. BAGYARAJ. 2007. Response of kalmegh to an arbuscular mycorrhizal fungus and a plant growth promoting rhizomicroorganism at two levels of phosphorus fertilizer. *Am-Euras J. Agric. and Environ. Sci.* 2(1): 33-38.
- ASIS, C.A.J.R., K. ADACHI and S. AKAO. 2004. N₂ fixation in sugarcane and population of N₂ fixing endophytes in stem apoplast solution. *Philip. J. Crop. Sci.* 29 (2): 45-58.
- BERTHAM, R.Y.H., dan A.D. NUSANTARA. 2011. Mekanisme adaptasi genotipe baru kedelai dalam mendapatkan hara fosfor dari tanah mineral masam. *J. Agron. Indones.* 39(1): 24-30.
- BOIERO et al. Phytohormone production by three strains of *Bradyrhizobium japonicum* and possible physiological and technological implications. *Appl. Microbiol. Biotech.* 74: 874-880.
- BRIELMANN, H.L., W.N. SETZER, P.B. KAUFMAN, A. KIRAKOSYAN, and L.J. CSEKE. 2006. *Phytochemicals: the chemical components of plants in natural products from plants.* 2nd Edition, Taylor & Francis. Boca Raton, London, New York.
- CHENG, A.X., Y.G. LOU, Y. BO MAO, S. LU, L. JIAN WANG, and X. YA CHEN. 2007. Plant terpenoids: biosynthesis and ecological functions. *Invited Review. J. Integ. Plant Biol.* 49 (2): 179-186.
- COMPANT, S., C. CLEMENT, and A. SESSITSCH. 2005. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biol. and Biochem.* 42: 669-678.
- FENG, Y., D. SHEN, and W. SONG. 2006. Rice endophyte *Pantoea agglomerans* YS19 promotes host plant growth and affects allocations of host photosynthate. *J. of Appl. Microb.* 100: 938-945.

- GUDHATE, P.P., D.P. LOKHANDE, and K.N DHUMA. 2009. Role of plant growth regulators for improving andrographolide in *Andrographis paniculata*. Res. Article. 5(19): 249-253.
- GUO, B., Y. WANG, X. SUN, and K. TANG. 2008. Bioactive natural products from endophytes: A Review. Appl. Biochem. and Microbiol. 44(2): 136-142.
- GUSMAINI, D. SOPANDIE, S.A. AZIZ, A. MUNIF, dan N. BERMAWIE. 2013. Potensi bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan, produksi dan kadar andrografolid pada tanaman sambiloto. Jurnal Littri, 19(4): 167-177.
- HARTOYO, B. 2012. Efektivitas fungi mikoriza arbuskula pada penggunaan pupuk fosfor alami dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan, biomassa dan produksi asiatikosida pegagan (*Centella asiatica* L. Urban) di andosol. [Disertasi]. Sekolah Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- HENDAWAY, S.F., and K.A. KHALID. 2011. Effect of chemical and organic fertilizers on yield and essential oil chamomile flower head. Med. And Arom. Plant Sci. Biotech. 5(1): 43-49.
- LUGTENBER B., and F. KAMILOVA. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Ann. Rev.of Microb.. 63: 541-556.
- MATSUOKA, H., M. AKIYAMA, K. KOBAYASHI, and K. YAMAJI. 2012. Fe and P solubilization under limiting condition by bacteria isolated from *Carex kobomugi* roots at the hasaki coast. Curr. Microb. 66(3): 314-321.
- MILIŪTĒ, I., O. BUZAITĒ. 2011. IAA production and other plant growth promoting traits of endophytic bacteria from apple tree. Biologija. 57(2): 98-102.
- NURAINI, L. 2011. Pengaruh abu volkan dari berbagai ketinggian tempat, pupuk fosfat, dan zeolit terhadap pertumbuhan dan kualitas hasil sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness.), [Thesis], Sekolah Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- PANHWAR, Q.A., O. RADZIAH, M. SARIAH, and M.R. ISMAIL. 2012. Solubilization of different phosphate forms by phosphate solubilizing bacteria isolated from aerobic rice. Int. J. Agric. Biol. 11(6): 667-673.
- PRABHU, M., A.R. KUMAR, K. RAJAMANI. 2009. Influence of bio-stimulants on growth, yield and economics of kalmegh *Andrographis paniculata*. Madras Agric. J. 96(1-6): 150-155.
- QUECINE, M.C., W.L. ARAÚJO, P.B. ROSSETTO, A. FERREIRA, S. TSUI, P.T. LACAVAL, M. MONDIN, J.L. AZEVEDO, A.A.P. KLEINER. 2012. Sugarcane growth promotion by the endophytic bacterium *Pantoea agglomerans* 33.1. App. Environ. Microb. 78(21): 7511-7518.
- RAO, Y.K., VIMALAMMA G, RAO CV, TZENG Y. 2004. Flavonoids and andrographolides from *Andrographis paniculata*. Phytochem. 65: 2317-2321.
- REGHUVARAN, A., K. KALA, JACOB, and A.D. RAVINDRANATH. 2012. Isolation and characterization of nitrogen fixing bacteria from raw coir pith. African. J. Biotech. 11(27): 7063-7071.
- RODRIGUEZ, H., and R. FRAGA. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotech. Adv. 17: 319-339.
- SABER, et al. 2005. Effect of P on nodule formation and N fixation in bean Agron. Sustain. Dev. 389-393.
- SHI, Y., K. LOU, and C. LI. 2009. Promotion of plant growth by phytohormone-producing endophytic mirrobs of sugar bit. Biol. Fertil. Soils. 45: 645-653.
- SRIVASTAVA, N., and A. AKHILA. 2010. Biosynthesis of andrographolide in *Andrographis paniculata*, Phytochem. 71: 1298-1304.
- SUTARDI. 2011. Kajian waktu panen dan pemupukan fosfor terhadap pertumbuhan dan produksi asiatikosida tanaman pegagan (*Centella asiatica* L. Urban) di dataran tinggi, [Tesis], Sekolah Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- van LOON, L.C., and P.A.H.M. BAKKER. 2005. Induced systemic resistance as a mechanism of disease suppression by rhizobacteria. In: Siddiqui, Z.A. (Ed.), PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 39-66.
- VANCE, C.P., C.U. STONE, and D.L. ALLAN. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. Tansley Review, New Patologist. 157: 423-447.
- VIDYALAKSHMI, A., and S. ANANTHI. 2013. Induction of andrographolide, a biologically active ingredient in callus of *Andrographis paniculata* (Burm.F) Wallich ex. Nees, Bioengin. and Biosci. 1(1): 1-4.
- WAHID, A., S. GELANI, M. ASHRAF, and M.R. FOOLAD. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. Environmental and Experimental Botany. 61: 199 -223.
- XU, Y., R.I. MARSHALL, and T.K.S. MUKKUR. 2006. An investigation on the antimicrobial activity of *Andrographis paniculata* extract and andrographolide in vitro. Asian J. Plant Sci. 5: 527-530.
- YUSRON, M., M. JANUWATI, dan E.R. PRIBADI. 2005. Standar prosedur operasional budidaya sambiloto dalam Kencur, Temulawak, Kunyit, Sambiloto dan Pegagan. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Sirkuler, 11: 37-42.
- ZHANG, Z., J. JIANG, P. YU, X. ZENG, J.W. LARRICK, and J. WANG. 2009. Hypoglycemic and beta cell protective effects of andrographolide analogue for diabetes treatment. J. Trans. Med. 7: 62-64.