

APLIKASI KOMBINASI PUPUK HAYATI DENGAN ASAM HUMAT DAN FULVAT UNTUK PENINGKATAN MUTU HASIL PADA BUDIDAYA TANAMAN SAMBILOTO (*Andrographis Paniculata*, Ness.) SECARA ORGANIK

Mohamad Ihsan¹⁾, Tri Pamujiasih¹⁾, Tri Rahayu¹⁾, Raissa Aulia Azizah²⁾

¹⁾ Dosen Fak. Teknik, Sains, dan Pertanian UNIBA Surakarta

²⁾ Mahasiswa Fak. Teknik, Sains, dan Pertanian UNIBA Surakarta

e-mail: mohammad.xzan@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian tentang teknik budidaya tanaman sambiloto secara organik, dilakukan di wilayah Sukoharjo Jawa Tengah pada Bulan Juli - November 2018. Penelitian ini bermaksud mengetahui pengaruh pemberian PGPR sebagai pupuk hayati dan aplikasi asam humat serta asam fulvat terhadap peningkatan kualitas hasil tanaman sambiloto (*Andrographis paniculata*, Ness.). Metode dasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa percobaan faktorial dengan pola dasar Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 3 ulangan. Ada dua faktor perlakuan yang dicobakan yaitu faktor pemberian PGPR dan aplikasi asam humat dan asam fulvat serta kombinasinya. Faktor pertama adalah perlakuan pemberian PGPR (P) yang terdiri atas 2 macam yaitu: tanpa PGPR (P₀) dan dengan PGPR (P₁). Faktor kedua adalah perlakuan aplikasi asam humat dan fulvat (H), terdiri atas 4 aras yaitu: tanpa asam humat dan fulvat (H₀), diberikan asam humat (H₁), diberikan asam fulvat (H₂), dan diberikan asam humat dan asam fulvat (H₃). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan pupuk hayati PGPR berpengaruh sangat nyata terhadap berat bagian atas tanaman segar, berat bagian atas tanaman kering, dan berat bagian atas kering per petak, berpengaruh nyata terhadap berat bagian atas segar per petak, tetapi tidak nyata terhadap tinggi tanaman, berat akar segar, dan berat akar kering tanaman sambiloto. Perlakuan aplikasi asam humat dan fulvat hanya berpengaruh nyata terhadap berat bagian atas kering tanaman dan , berat bagian atas kering per petak. Kombinasi perlakuan terbaik untuk semua variabel pengamatan adalah perlakuan tanpa pemberian PGPR dengan aplikasi asam fulvat.

Kata Kunci: asam fulvat, asam humat, PGPR, sambiloto.

APPLICATION COMBINATION OF BIOFERTILIZERS WITH HUMIC AND FULVIC ACID FOR QUALITY IMPROVEMENT YIELDS ON SAMBILOTO (*Andrographis Paniculata*, Ness.) PLANT CULTIVATION ORGANIC

ABSTRACT

Research on organic cultivation techniques has been carried out in the Sukoharjo region Central of Java in July - November 2018. This study intends to determine the effect of PGPR as a biological fertilizer and the application of humic acid and fulvic acid to the improvement of the quality yield of the sambiloto plant (*Andrographis paniculata*, Ness.). The basic method used in this study was a factorial experiment with the basic pattern of a Randomized Completely Block Design (RCBD) with 3 replications. There were two treatment factors that tried namely PGPR application factor and the application of humic acid and fulvic acid as well as their combination. The first factor is the treatment of giving PGPR (P) which consists of 2 kinds, namely: without PGPR (P₀) and with PGPR (P₁). The second factor is the application of humic and fulvic acid (H) treatment, consisting of 4 levels, namely: without humic and fulvic acid (H₀), given humic acid (H₁), given fulvic acid (H₂), and given humic acid and fulvic acid (H₃). From the results of the study it can be concluded that the treatment of no PGPR application as biofertilizer has a very significant effect on the addition of, fresh weight of plant biomass, dry weight of plant biomass, and dry weight of plant biomass per plot, significant influence for fresh weight of plant biomass, but not significant for plant

height, fresh and dry weight of roots. The application of humic and fulvic acid significantly affected only for dry weight of plant biomass and dry weight of plant biomass per plot. The best combination of treatments for all observed variables is the treatment of no application of PGPR with the application of fulvic acid.

Keywords: *fulvic acid, humic acid, PGPR, Sambiloto.*

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini ada kecenderungan masyarakat untuk menggunakan bahan pangan, produk pangan, obat-obatan dan bahan-bahan lain yang digunakan bersifat yang alami (*back to nature*). Diperkirakan 80 % penduduk dunia memanfaatkan bahan-bahan alami untuk pengobatannya dalam menggunakan obat tradisional. Tanaman sambiloto (*Andrographis paniculata*, Ness.) merupakan salah satu dari ribuan tumbuhan yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Di dalam simplisia (tanaman obat) yang dimanfaatkan terdapat kandungan senyawa aktif yang berada di dalam organ tubuhnya terutama daun dan batangnya.

Menurut Yusron *et al* (2018) sambiloto (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) ex Nees banyak dijumpai hampir di seluruh kepulauan nusantara. Komponen utama sambiloto adalah *andrographolide* yang berguna sebagai bahan obat. Disamping itu, daun sambiloto mengandung saponin, flavonoid, alkaloid dan tanin. Kandungan kimia lain yang terdapat pada daun dan batang adalah *laktone, panikulin, kalmegin* dan hablur kuning yang memiliki rasa pahit. Secara tradisional sambiloto telah dipergunakan untuk pengobatan akibat gigitan ular atau serangga, demam, dan disentri, rematik, tuberculosis, infeksi pencernaan, dan lain-lain. Sambiloto juga dimanfaatkan untuk anti mikroba/anti bakteri, antihyperglikemik, anti sesak napas dan untuk memperbaiki fungsi hati. Saat ini sambiloto banyak diteliti untuk dikembangkan sebagai bahan baku obat modern, diantaranya sebagai obat HIV dan kanker. Pada habitat alamnya, sambiloto ditemui di hutan-hutan pada kondisi solum tanah yang dangkal.

Produksi sambiloto dapat mencapai 35 ton biomas segar per ha, atau sekitar 3 - 3,5 ton simplisia per ha. Biomas hasil panen dibersihkan, daun dan batang kemudian dijemur pada suhu 40 - 50°C sampai kadar air 10 %. Berdasar Materia Media Indonesia (MMI), standar mutu simplisia sambiloto adalah sebagai berikut: a). Kadar abu kurang dari 12%; b). Kadar abu tidak larut dalam asam 2,2%; c). Kadar sari larut dalam air lebih dari 6%; d). Kadar sari larut dalam alkohol lebih dari 9,7%; dan e). Bahan organik asing kurang dari 2%.

PGPR adalah singkatan dari *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, yaitu sekelompok bakteri yang hidup di sekitar perakaran tanaman. PGPR bermanfaat bagi tanaman adalah untuk meningkatkan jumlah rambut-rambut akar sehingga luas permukaan akar meningkat, kemampuan menyerap nutrisi dan air juga meningkat, kesehatan tanaman menjadi optimal sehingga lebih tahan terhadap gangguan hama dan penyakit, meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, meningkatkan penyerapan unsur hara di dalam tanah, serta memproduksi fitohormon berupa sitokinin, giberelin

(Anonim, 2018). Asosiasi mikroorganisme dengan tanaman di daerah rhizosfer mampu mendukung pertumbuhan beberapa tanaman (Kasutjaningati, 2011). Rhizobakteri endofit selain dapat dimanfaatkan sebagai pemacu pertumbuhan juga mampu sebagai agensia pengendali patogen berbahaya, karena kemampuannya dalam hal mekanisme kompetisi nutrisi dengan patogen, memproduksi antibiotik atau mengaktifkan mekanisme ketahanan inang.

Bakteri-bakteri yang ada dalam kelompok PGPR meliputi *Bacillus*, *Rhizobium*, dan *Pseudomonas* (Anonim dalam Fiqhi, 2013). Bakteri pemacu tumbuh secara tidak langsung menghambat patogen melalui sintesis senyawa antibiotik sebagai agen kontrol biologis. Beberapa jenis endofitik bersimbiosis mutualistik dengan tanaman inangnya dalam meningkatkan ketahanannya terhadap serangga hama melalui produksi toksin, disamping senyawa anti mikroba seperti fungi *Pestalotiopsis microspore*, dan *Taxus walkchianan* yang memproduksi racun (Strobel, 2002). Bakteri pemacu tumbuh secara langsung memproduksi fitohormon yang dapat menginduksi pertumbuhan tanaman. Metabolit yang dihasilkan bakteri selain berupa fitohormon, juga antibiotik, siderofor, sianida, dan sebagainya. Fitohormon atau hormon tumbuh yang diproduksi dapat berupa auksin, gibberelin, sitokinin, etilen dan asam absisat (Tien *et al.*, 1979).

PGPR akar bambu banyak mengandung bakteri Pf (*Pseudomonas fluorescens*) yang mampu meningkatkan kelarutan fosfor dalam tanah. Menurut Lalande *et al.* (1989), *Pseudomonas sp.* mampu menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan tanaman yang dapat meningkatkan berat kering tanaman jagung sampai sekitar 9 %. *Pseudomonas sp.* telah diteliti sebagai agen pengendali hayati penyakit tumbuhan. Strain *Pseudomonas* meningkatkan hasil panen umbi kentang 5 – 33 %, gula bit 4-8 ton ha⁻¹ dan menambah berat akar tumbuhan radish 60 – 144 %. Di antara isolat rhizobakteri yang dievaluasi, isolat *P. fuorescens* mampu memproduksi IAA lebih banyak dibandingkan isolat *Bacillus sp.* atau *Serratia sp.* Berbagai isolat *P. fuorescens* dilaporkan mempunyai kemampuan memproduksi IAA lebih banyak dibanding rhizobakteria yang lain (Ahmad *et al.*, 2005).

Pemanfaatan PGPR pada budidaya tanaman sudah mulai banyak dilakukan orang. Induksi bakterisasi dengan menggunakan PGPR pada kentang mampu meningkatkan bobot basah tanaman dan akar pada fase bibit, vigor lebih kokoh dan banyak menyimpan lignin (Frommel *et al.*, 1991). Formula PGPR yang diintroduksi ke pertanian tanaman budidaya dapat bersumber dari perakaran bambu, rumput gajah atau putri malu (Iswati, 2012). PGPR ini dapat diaplikasikan ke tanaman sayuran, padi, palawija dan juga tanaman tahunan. Beberapa komoditas sayuran yang telah dicoba dan hasil memuaskan seperti bawang merah, dan cabai merah (Widodo dalam Iswati, 2012). Muiyasaroh *et al.*, (2014) melaporkan bahwa PGPR yang berasal dari perakaran bambu memberikan pengaruh yang nyata pada aklimatisasi bibit tanaman pisang hasil kultur jaringan seperti ditunjukkan pada beberapa parameter pengamatan seperti diameter batang, panjang akar maupun tinggi tanaman.

Kesuburan tanah ditentukan oleh berbagai faktor utamanya ketersediaan komponen basa sebagai sumber hara, kemampuan koloid tanah dan keberadaan bahan organik. Pemupukan adalah usaha untuk memperbaiki kesuburan tanah sehingga mutu dan produktivitas tanah dapat meningkat. Menurut Gardner *et al* (1991) kemajuan dalam bidang nutrisi dan pemupukan tanaman telah menimbulkan revolusi produksi pada tanaman budidaya dan tanaman lainnya sehingga sekitar 50 % hasil produksi tanaman termasuk perbaikan kualitas dan nilai nutrisinya merupakan sumbangan peran dari proses pemupukan.

Pupuk kandang adalah pupuk yang diperoleh berupa kotoran padat dan cair dari hewan ternak. Kotoran ini dapat bercampur dengan sisa-sisa makanan dengan jerami alas kandang sehingga merupakan campuran dari kotoran ternak baik yang berupa bahan padatan (*faeces*) ataupun yang cair (*urine*). Di dalam pupuk kandang terkandung unsur hara secara lengkap walaupun dalam jumlah sedikit. Oleh karena itu pemberian pupuk kandang selain dapat menambah ketersediaan unsur hara juga dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Susunan kimia pupuk kandang berbeda-beda bergantung kepada jenis ternak, umur ternak, macam pakan, jumlah hamparan, cara penanganan, dan penyimpanan pupuk kandang tersebut sebelum digunakan (Sutejo *cit.* Fitriyana, 2013). Mutu dari pupuk kandang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: makanan, jenis hewan, umur hewan, banyak dan macam alas kandang, serta juga cara penyimpanan pupuk tersebut. Secara umum pupuk kandang ayam mengandung nitrogen yang lebih tinggi daripada pupuk kandang kambing ataupun sapi.

Pupuk organik mempunyai komposisi kandungan unsur hara yang lengkap tetapi jumlah tiap jenis unsur haranya rendah. Walaupun kandungan unsur hara pupuk organik lebih rendah namun mempunyai kelebihan dibandingkan pupuk anorganik yaitu mampu memperbaiki sifat-sifat tanah seperti: struktur tanah, tekstur serta mampu menyebarkan mikro organisme yang menguntungkan dan bermanfaat bagi tanaman (Danarti dan Najati, 1994). Bahan organik menyediakan unsur hara bagi tanaman setelah melalui tahapan dekomposisi. N organik didekomposisikan menjadi mineral dalam bentuk N an-organik seperti NH_4^+ dan NO_3^- . Ketersediaan N ini sangat bergantung kepada kegiatan mikroorganisme (Jacobs, 1990). Nitrogen organik melakukan pelepasan secara lambat (*slow release*) dan memberikan residu berupa pool-pool organik, juga kehilangan N dari pelindian dapat lebih kecil.

Bahan organik juga menyumbangkan fosfor bagi tanaman, yaitu 15 - 80 % dari P tanah berasal dari bahan organik. Holsted dan Mc Kercher *cit.* Stevenson (1982) mencatat bahwa 5-10 % dari P organik ada dalam bentuk terimobilisasi di dalam jasad. Fosfor diadsorpsi oleh tanaman sebagian besar dalam bentuk muatan negatif primer dan ion orthofosfat sekunder (H_2PO_4^- dan HPO_4^-) yang ada dalam larutan tanah. Sumbangan bahan organik terhadap unsur kalium juga cukup tinggi. Kalium banyak tersedia melalui mineralisasi mineral primer, tetapi K dari hasil dekomposisi bahan organik lebih banyak tersedia karena proses perombakannya

berlangsung lebih cepat.

Bahan organik yang telah lama mengalami dekomposisi akan membentuk humus. Humus berupa koloid yang amorf, dengan luas permukaan spesifik humus jauh lebih tinggi daripada mineral silikat karena dapat mencapai $900 \times 10^3 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, sedangkan kapasitas pertukaran kationnya berkisar antara 1500 sampai 3000 m mole kg^{-1} (Bohn *et al.*, 1985). Muatan negatif humus berasal dari disosiasi hidrogen dari gugus fungsional. Semua muatannya sangat bergantung kepada pH. Disosiasi dari gugus karboksil dan fenol menghasilkan 85-90 % muatan negatif humus. Pada pH yang meningkat >6 , masih terjadi disosiasi yang lemah pada gugus karboksil dan asam-asam lemahnya. Gugus protan seperti R-OH_2^+ dan R-NH_3^+ dapat menghasilkan muatan positif tetapi secara keseluruhan, humus tetap bermuatan negatif.

Asam humat dan fulvat berperilaku sebagai asam polielektrolit lemah. Adanya peningkatan konsentrasi elektrolit akan mendorong terjadinya ionisasi pada asam polielektrolit lemah. Dengan demikian terjadi disosiasi gugus COOH sehingga H^+ cenderung ternetralisir. Asam humat merupakan hasil akhir proses dekomposisi bahan organik yang keberadaannya sangat stabil di dalam tanah. Asam humat yang baik adalah asam humat yang dipadatkan atau diekstrak dari lapisan *leonardite* (lapisan batubara muda dan tua) karena telah mengalami proses oksidasi tinggi selama jutaan tahun. Asam humat dari lapisan itu mempunyai kapasitas pertukaran kation (KPK) yang tinggi (Syekhfani, 2015).

Asam humat juga mempunyai daya pelapisan dan anti penggumpalan. Kelarutannya yang bisa mencapai 100% larut di dalam air membuatnya mampu meresap ke segala jenis tanah. Dengan sifat pelapisan tersebut, humat meliputi seluruh tanah dan menempel kuat sehingga pupuk anorganik yang ditabur di atas permukaan tanah dan yang terbawa air lalu masuk ke tanah akan disimpan oleh KPK humat. Oleh karena nilai KPK-nya tinggi, asam humat mampu mengikat banyak unsur hara. Selanjutnya unsur hara ini dilepas kembali oleh KPK humat secara bertahap sesuai kebutuhan tanaman (*slow release*). Asam humat adalah bio stimulan alami yang banyak digunakan pada saat ini. Asam humat tersusun oleh sebagian besar atom karbon dan oksigen (sekitar 50% dan 40%). Asam humat juga mengandung hidrogen (sekitar 5%), nitrogen (sekitar 3%), fosfor dan sulfur (keduanya kurang dari 1%) (Sultan, 2016). Rustiati (2015) pada penelitiannya terhadap tanaman padi melaporkan bahwa penggunaan asam humat pada pemupukan di lahan rendah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N 30-40%, P 20-30% dan K 30 – 40%.

Teknologi pelapisan urea dengan asam humat dapat meningkatkan efektivitas penggunaan pupuk urea. Perpaduan kimia anorganik (urea) dan organik (asam humat) pada formula (pelapisan) urea dapat mengefisienkan dan mengefektifkan penggunaan pupuk urea di lapangan. Jadi, praktik ini bisa menekan biaya produksi. Penerapan teknologi pelapisan urea dengan asam humat ini bisa

menekan biaya subsidi pupuk urea. Asam humat dan asam fulvat dari bahan organik dapat dibedakan berdasarkan kandungan bahan-bahan yang terdapat di dalamnya.

2. METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian. Percobaan dilaksanakan di wilayah Kabupaten Sukoharjo dengan ketinggian tempat ± 113 m dpl. Penelitian dilaksanakan pada Bulan Juli sampai dengan Oktober 2018.

Bahan dan alat penelitian. Penelitian ini menggunakan pupuk kandang, asam humat dan fulvat hasil ekstraksi, dan PGPR. PGPR dibuat dengan cara mengekstraksi akar bambu, yang selanjutnya difermentasikan selama sekitar 7 hari setelah diberi bahan tambahan berupa tetes tebu, dedak, terasi, dan air cucian beras (bhs Jawa: *leri*).

Penelitian ini dilakukan dengan pola dasar Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 3 blok sebagai ulangan. Ada dua macam faktor perlakuan yang diteliti yaitu pemberian PGPR dan aplikasi asam humat dan fulvat. Faktor perlakuan pemberian PGPR (P) yang terdiri dari 2 macam yaitu: (1) Tanpa PGPR (P_0), dan (2) Dengan PGPR (P_1). Faktor perlakuan aplikasi asam humat dan fulvat (H), terdiri atas 4 aras yaitu: (1) Tanpa asam humat dan fulvat (H_0), (2) Dengan asam humat (H_1), (3) Dengan asam fulvat (H_2), dan (4) Dengan asam humat dan fulvat (H_3).

Pelaksanaan penelitian. Pada masing-masing petak ditaburkan pupuk kandang kambing secara merata dengan takaran 15 ton ha^{-1} selanjutnya ditutup dengan tanah yang tipis. Pemberian PGPR. PGPR hasil ekstraksi dari akar bambu diberikan pada lubang-lubang benih sesaat sebelum benih tanaman dimasukkan dan ditutup dengan tanah tipis. Selanjutnya pada petak-petak perlakuan diberikan asam humat dan fulvat sesuai perlakuan dengan cara menyemprot pada permukaan tanah dengan dosis 5 cc/liter air.

Panen dilaksanakan pada saat tanaman berumur 3 bulan dengan ciri-ciri pada hampir semua tanaman telah tumbuh vegetatif maksimum. Variabel tanaman yang diamati adalah: tinggi tanaman, berat bagian atas tanaman segar per tanaman, berat bagian atas tanaman segar per petak, berat akar segar per tanaman, berat bagian atas tanaman kering per tanaman, dan berat akar kering. Data yang diperoleh diolah secara statistik dengan menggunakan sidik ragam pada jenjang nyata 5% dan 1%. Rata-rata hasil perlakuan diuji dengan menggunakan uji jarak berganda Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada jenjang nyata 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan terhadap variabel bagian atas tanaman sambiloto yang dicoba dengan perlakuan pemberian PGPR dan asam humat serta fulvat disajikan pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Pengaruh kombinasi pemberian PGPR dengan asam humat dan fulvat terhadap variabel bagian atas tanaman sambiloto

Variabel tanaman	Perlakuan PGPR	Pemberian asam Humat dan fulvat				Rata-rata
		H ₀ (tanpa asam humat dan fulvat)	H ₁ (dengan asam humat)	H ₂ (dengan asam fulvat)	H ₃ (dengan asam humat dan fulvat)	
Tinggi tanaman (cm)	P ₀ (tanpa PGPR)	47,50	42,08	49,75	57,08	49,10a
	P ₁ (dengan PGPR)	49,08	49,17	48,50	43,67	47,60a
	Rata-rata	48,29a	45,63a	49,13a	47,68a	
Berat bagian atas segar per tanaman (g)	P ₀ (tanpa PGPR)	253,71	148,74	306,95	453,58	290,74a
	P ₁ (dengan PGPR)	186,91	153,54	163,65	153,51	164,40b
	Rata-rata	220,31a	151,14a	235,30a	202,25a	
Berat bagian atas segar per petak (g)	P ₀ (tanpa PGPR)	1976,50	1157,30	2392,35	3536,46	2265,65a
	P ₁ (dengan PGPR)	1456,38	1196,30	1274,26	1773,17	1280,68b
	Rata-rata	1716,44a	1176,84a	1833,31a	1575,53a	
Berat bagian atas kering per tanaman (g)	P ₀ (tanpa PGPR)	52,08	47,33	67,44	120,43	71,82a
	P ₁ (dengan PGPR)	45,50	45,44	45,63	48,71	46,32b
	Rata-rata	48,79a	46,38a	56,54a	50,57a	
Berat bagian atas kering per petak (g)	P ₀ (tanpa PGPR)	403,45	364,29	520,18	936,25	556,05a
	P ₁ (dengan PGPR)	351,39	351,46	351,13	377,18	357,79b
	Rata-rata	377,42a	357,88a	435,66a	390,32a	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada baris atau kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5 %

Tinggi tanaman sambiloto tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan P₀H₃ (perlakuan tanpa pemberian PGPR kombinasi dengan asam humat dan fulvat), sedangkan tinggi terendah diperoleh pada kombinasi perlakuan P₀H₁ (perlakuan tanpa PGPR dan dengan asam humat). Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan tanpa pemberian PGPR memberikan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan pemberian PGPR. Jika dilihat dari apa yang terkandung di dalam PGPR, maka di dalam PGPR tersebut sebenarnya terdapat koloni bakteri menguntungkan dalam jumlah yang banyak sehingga akan mampu mendorong pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Bakteri-bakteri yang ada di rhizosfer akan memacu pembentukan auksin pada ujung-ujung akar sehingga pertumbuhannya akan meningkat dan akan menambah daya ekspansinya dalam mengambil hara di dalam tanah. Hanya saja pada rhizosfer tanaman sambiloto, koloni bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik. Adanya eksudat-eksudat dari akar tanaman diduga menjadi penyebab terhambatnya pertumbuhan jasad. Oleh karena itu tanaman yang tidak diperlakukan dengan pemberian PGPR justru akan tumbuh dengan lebih baik. Kecukupan hara makro dan mikro yang tersedia di dalam tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman

sambiloto yang ditanam. Ini karena pertumbuhan vegetatif tanaman sangat bergantung kepada ketersediaan hara secara lengkap, maka hal utama yang menyebabkan perlakuan tersebut memberikan penambahan tinggi tanaman terbaik adalah adanya terjangkaunya hara oleh akar tanaman dari pasokan unsur hara yang lengkap yang terdapat di dalam pupuk kandang. Pada tanaman sambiloto, pemberian hara organik melalui tanah sangat efektif untuk mendorong pertumbuhan tanaman yang lebih baik.

Banyak diantara unsur yang dipergunakan tanaman dalam pertumbuhannya diambil dalam bentuk senyawa sederhana juga dalam bentuk ion baik berupa anion ataupun kation. Kalium diambil dan juga berada di dalam tanaman dalam bentuk kation. Kation ini berperan sangat penting sebagai katalisator selain juga sebagai pengatur pH tanaman. Dalam penyusunan protein tanaman diperlukan kecukupan ketersediaan nitrogen, selain nitrogen juga ikut menyusun khlorofil. Oleh karena itulah pada saat tanaman mengalami pertumbuhan vegetatif yang pesat, kebutuhan nitrogen dan hara makro lainnya (P dan K) sangatlah banyak. Ketersediaan unsur ini akan meningkatkan pertumbuhan tanaman terutama pertumbuhan vertikal dan lateral yang tentunya berimbas kepada tinggi tanaman. Tanaman sambiloto memerlukan hara makro dalam jumlah yang besar agar dapat tumbuh secara kokoh, sehingga penambahan pasokan melalui tanah merupakan langkah yang tepat untuk mencukupi kebutuhan tersebut. Selain ketersediaan hara di dalam tanah yang berupa medium pertanaman, lingkungan tumbuh yang ideal akan mendorong pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Hara-hara organik yang berada di dalam tanah juga tetap rentan terhadap pelindian oleh air perkolasi. Oleh karena itu diperlukan upaya agar keberadaannya senantiasa tersedia bagi tanaman. Diharapkan adanya asam fulvat yang secara relatif sudah tahan terhadap serangan mikroorganisme dan juga memiliki nilai KPK tinggi, dapat menyimpan hara hasil pelapukan dari bahan organik dalam waktu cukup lama.

Dari hasil analisis keragaman yang dilakukan dengan menggunakan uji F diperoleh hasil bahwa baik perlakuan pemberian PGPR dan perlakuan pemberian asam humat dan fulvat, tidak berpengaruh nyata. Artinya kedua macam perlakuan yang diujikan memberikan perbedaan peningkatan pertumbuhan tanaman yang tidak signifikan.

Data yang ditampilkan pada tabel 4.1 juga menunjukkan bahwa pemberian asam fulvat menjadikan pertumbuhan tanaman yang semakin baik. Hal ini mengindikasikan bahwa pada walaupun semua tanaman mendapatkan pasokan hara dalam jumlah dan jenis yang sama, tetapi keberadaan asam fulvat menjadi faktor positif bagi pertumbuhan tanaman yang lebih baik.

Pada tanaman yang diperlakukan tanpa pemberian PGPR disertai dengan pemberian asam humat dan fulvat memberikan hasil berat bagian atas segar yang terbaik. Ini menunjukkan bahwa pada pemberian asam humat dan fulvat dapat membantu ketersediaan unsur yang berasal dari perombakan bahan organik. Pemberian PGPR tidak mampu meningkatkan populasi dan keragaman mikroorganisme di daerah perakaran tanaman sambiloto.

Kombinasi perlakuan antara tanpa pemberian PGPR dengan asam humat dan fulvat mampu memberikan pertumbuhan yang terbaik untuk bagian atas tanaman baik yang segar ataupun yang kering. Artinya karakteristik antara kedua macam perlakuan PGPR yang dicobakan secara umum tidak sama. Respon pertumbuhan tanaman terbaik terdapat pada perlakuan penggunaan tanpa PGPR yang diberi tambahan asam humat dan fulvat yang ditunjukkan dengan sudut kenaikan yang sangat tajam dibandingkan dengan perlakuan lain. Pada setiap perlakuan tanpa pemberian PGPR, tanaman yang diberikan perlakuan dengan asam humat dan fulvat secara umum memberikan peningkatan pertumbuhan yang lebih baik, sebaliknya dengan pemberian PGPR, pemberian asam humat, fulvat dan campuran antara keduanya justru akan menekan pertumbuhan tanaman.

Pada setiap perlakuan PGPR yang dicobakan pada semua variabel tanaman bagian atas, keberadaan asam fulvat yang diberikan pada tanaman selalu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pemberian asam humat saja ataupun tidak diberikan asam organik sama sekali. Tanaman sambiloto yang ditumbuhkan pada media tanam yang dipupuk dengan pupuk kandang 15 ton ha⁻¹ akan lebih baik jika ditambahkan lagi ekstraksi asam humat dan fulvat dari batubara. Hasil ini tentunya menunjukkan tentang fungsi asam humat yang tidak bersinergi dengan asam fulvat.

Ketersediaan hara yang mencukupi akan menjadikan proses metabolisme di dalam tubuh tanaman dapat berjalan secara optimal, karena pertumbuhan tanaman diawali dengan pembelahan sel, selanjutnya pembentukan jaringan dan pada akhirnya pembentukan organ.

Tabel 2. Pengaruh kombinasi pemberian PGPR dengan asam humat dan fulvat terhadap variabel bagian bawah tanaman sambiloto

Variabel tanaman	Perlakuan PGPR	Pemberian asam Humat dan fulvat				Rata-rata
		H ₀ (tanpa asam humat dan fulvat)	H ₁ (dengan asam humat)	H ₂ (dengan asam fulvat)	H ₃ (dengan asam humat dan fulvat)	
Berat akar segar (g)	P ₀ (tanpa PGPR)	36,98	23,63	33,68	43,57	34,47
	P ₁ (dengan PGPR)	33,64	30,45	26,95	30,24	30,32
	Rata-rata	35,31	27,04	30,32	30,89	
Berat akar kering (g)	P ₀ (tanpa PGPR)	8,83ab	6,91a	8,72ab	12,11b	9,14
	P ₁ (dengan PGPR)	10,44b	10,52b	8,27a	9,05b	9,57
	Rata-rata	9,63	8,71	8,50	8,95	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf sama pada baris atau kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5 %

Pasokan hara yang berasal dari serapan akar, digunakan sebagai materi dalam penyusunan protein serta komponen organik lainnya sehingga kelengkapan dan kecukupannya sangat berpengaruh kepada pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Kalium sebagai kation juga mendorong pembentukan protein yang lebih banyak, dan pada akhirnya tanaman mengalami

peningkatan sel dan organ tubuhnya. Kecukupan hara makro juga menjadi salah satu faktor tanaman agar lebih tahan terhadap kondisi cekaman lengas karena ketersediaannya yang berkurang.

Data hasil pengamatan dari percobaan yang dilakukan dalam menguji pengaruh pemberian PGPR yang dikombinasikan dengan pemberian asam humat dan asam fulvat, yang diaplikasikan terhadap tanaman sambiloto pada parameter pengamatan bagian bawah tanaman, disajikan pada tabel 2.

Berat akar segar rata-rata terbesar diperoleh dari kombinasi perlakuan P₀H₃ (Perlakuan tanpa PGPR dengan aplikasi asam humat dan fulvat), sedangkan terendah diperoleh pada kombinasi P₀H₂ (Perlakuan tanpa pemberian PGPR dan aplikasi asam humat). Secara umum data pada parameter hasil berat akar segar tanaman sambiloto menunjukkan bahwa tanpa penggunaan PGPR memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pemberian PGPR.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa auksin yang diproduksi oleh rambut-rambut akar tanaman sambiloto tidak terpengaruh oleh keberadaan bakteri-bakteri dari PGPR karena bakteri-bakteri tersebut tidak dapat tumbuh secara baik. Selain itu bakteri yang terkandung di dalam PGPR yang memiliki kemampuan untuk menyemat nitrogen dari atmosfer tanah, tidak dapat berfungsi secara optimum. Oleh karena itulah ekspansi akar akan tertekan karena pembentukan akar tidak optimum.

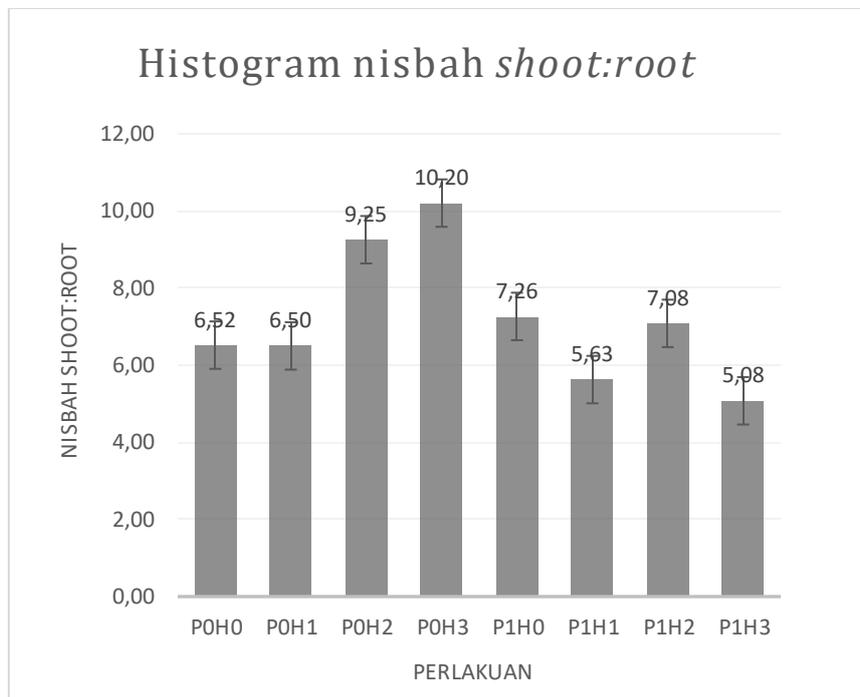
Dari hasil uji statistik yang dilakukan, semua perlakuan yang diujikan tidak memberikan pengaruh yang nyata. Jadi baik perlakuan pemberian PGPR, pemberian asam organik yaitu asam humat dan asam fulvat dan juga interaksi antara kedua macam perlakuan tersebut tidak berpengaruh kepada berat akar segar.

Jelaslah bahwa tidak adanya penambahan PGPR menjadikan berat akar segar tanaman yang lebih unggul daripada tanaman yang diperlakukan dengan pemberian PGPR. Penambahan berat akar segar pada tanaman yang diperlakukan dengan PGPR adalah paling sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun PGPR mengandung kumpulan bakteri yang menguntungkan sehingga dianggap mampu mendorong ketersediaan hara makro dan mikro serta zat pengatur tumbuh yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman termasuk pula pertumbuhan pada bagian bawahnya (akar), tidak berlaku pada tanaman sambiloto. Tanaman sambiloto dikenal sebagai tanaman obat yang mengandung senyawa *andrographolide*. Diduga senyawa ini juga terdapat di bagian akar tanaman sehingga eksudat akar yang dikeluarkan memiliki senyawa tertentu yang tidak disukai oleh mikroorganisme.

Data penelitian juga menunjukkan bahwa tanpa pemberian asam organik (H₀) memberikan berat akar segar yang lebih baik dibandingkan pemberian asam humat atau asam fulvat secara sendiri-sendiri (H₂ dan H₁). Dengan hanya pemberian asam humat saja, perkembangan akar tanaman sangat buruk dibandingkan dengan jika pemberiannya dikombinasikan dengan asam

fulvat. Artinya dalam hal ini pemberian asam fulvat memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap pertumbuhan akar daripada pemberian asam humat.

Kombinasi perlakuan yang paling bagus adalah pada tanpa pemberian PGPR dengan aplikasi asam fulvat dan humat, sedangkan yang paling rendah adalah pada perlakuan tanpa pemberian PGPR dan hanya diperlakukan pula dengan asam humat. Pemberian asam fulvat atau kombinasinya dengan asam humat cenderung memberikan hasil yang baik pada perlakuan tanpa PGPR. Walaupun demikian dari keempat macam kombinasi pemberian asam humat dan asam fulvat tidak ada satupun yang memberikan peningkatan hasil berat akar segar yang luar biasa. Ini terlihat dari adanya beberapa hasil yang tidak berbeda nyata.



Gb. 1. Pengaruh pemberian PGPR dan asam humat serta fulvat terhadap nisbah *shoot-root* tanaman sambiloto

Keterangan: P₀H₀ = Perlakuan tanpa PGPR, tanpa asam humat dan fulvat; P₀H₁ = Perlakuan tanpa PGPR, dengan asam humat; P₀H₂ = Perlakuan tanpa PGPR, dengan asam fulvat; P₀H₃ = Perlakuan tanpa PGPR, dengan asam humat dan fulvat; P₁H₀ = Perlakuan dengan PGPR, tanpa asam humat dan fulvat; P₁H₁ = Perlakuan dengan PGPR, dengan asam humat; P₁H₂ = Perlakuan dengan PGPR, dengan asam fulvat; P₁H₃ = Perlakuan dengan PGPR, dengan asam humat dan fulvat; P₀H₀ = Perlakuan tanpa PGPR, tanpa asam humat dan fulvat; P₀H₁ = Perlakuan tanpa PGPR, dengan asam humat; P₀H₂ = Perlakuan tanpa PGPR, dengan asam fulvat; P₀H₃ = Perlakuan tanpa PGPR, dengan asam humat dan fulvat; P₁H₀ = Perlakuan dengan PGPR, tanpa asam humat dan fulvat; P₁H₁ = Perlakuan dengan PGPR, dengan asam humat; P₁H₂ = Perlakuan dengan PGPR, dengan asam fulvat; P₁H₃ = Perlakuan dengan PGPR, dengan asam humat dan fulvat

Pada tanaman ada keseimbangan yang dinamis kenampakan relatif antara bagian yang berada di atas tanah (*shoot*) dengan yang berada di bagian bawah (*root*). Peningkatan pertumbuhan

shoot dan *root* sangat bergantung kepada ketersediaan fotoasimilatnya. Nisbah *shoot:root* merupakan salah satu kunci kenampakan bagi tanaman yang tumbuh pada lingkungan yang terbatas (Bloom *cit.* Mascova and. T. Herben, 2018). Pada Gambar 1. menunjukkan bahwa nisbah *shoot:root* tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan P_0H_3 , sedangkan yang paling kecil terdapat pada kombinasi perlakuan P_1H_3 . Seperti halnya respon bagian atas tanaman terhadap kondisi lingkungan di atas tanah, biomassa *root* dipengaruhi oleh kondisi bagian bawah tanah. Ketersediaan air atau hara yang rendah akan meningkatkan nisbah *root: shoot* atau menurunkan nisbah *shoot: root*. Dalam hal ini tanpa pemberian PGPR sebagai sumber koloni mikroorganismes secara rata-rata memberikan hasil tertinggi pada peningkatan berat bagian atas tanaman sambiloto, dibandingkan dengan tanaman yang diberikan PGPR. Walaupun demikian, dari hasil sidik ragam didapatkan hasil bahwa baik perlakuan pemberian PGPR ataupun perlakuan pemberian asam humat dan asam fulvat, tidak berpengaruh nyata terhadap nisbah *shoot:root* tanaman sambiloto. Kemampuan akar untuk berekspansi memperluas volume jangkauannya menjadikan pasokan hara yang mencukupi kebutuhan tanaman, dipergunakan tanaman untuk menyusun sel sehingga ukuran sel akan meningkat. Berat bagian atas tanaman erat dengan ekofisiologis tempat tanaman tersebut tumbuh. Jumlah sel yang banyak menjadikan volume daun juga meningkat sehingga hasil ini sangat erat kaitannya dengan berat tanaman.

Perlakuan terbaik untuk penggunaan asam organik adalah dengan pemberian asam fulvat yang mampu mendorong tanaman untuk tumbuh lebih baik sehingga jumlah dan ukuran selnya meningkat. Data ini tampak pada kombinasinya baik pada perlakuan tanpa dengan PGPR ataupun dengan pemberian PGPR. Pada perlakuan tanpa dengan PGPR kombinasi pemberian asam fulvat dengan asam humat memberikan nisbah *shoot:root* terbaik, lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian asam fulvat saja. Artinya keberadaan asam fulvat menjadi kunci bagi tingginya nisbah ini. Diduga keberadaan asam fulvat mampu menjaga ketersediaan hara makro terutama nitrogen dan fosfat yang mampu mempengaruhi nilai nisbah *shoot:root*, sebagaimana temuan Ericsson (1995) pada fase pembibitan tanaman.

Tanpa PGPR dan pemberian asam humat dan fulvat menjadikan pertumbuhan tanaman mencapai titik optimum. Kondisi ini menjadikan tanaman melakukan ekspansi tubuh bagian atas (*shoot*) dan bagian bawahnya (*root*). Jumlah akar dan volumenya yang meningkat menjadikan tanaman banyak menyerap hara sehingga pasokan unsur ke bagian atas tidak mengalami hambatan.

4. KESIMPULAN

Perlakuan pemberian PGPR berpengaruh sangat nyata terhadap penambahan berat bagian atas, berat bagian atas kering per tanaman, dan berat bagian atas kering per petak, berpengaruh nyata terhadap berat bagian atas segar per petak, tetapi tidak berpengaruhnya ta terhadap tinggi tanaman, berat akar segar dan akar kering. Perlakuan pemberian asam humat dan fulvat hanya

berpengaruh nyata terhadap berat bagian atas kering per tanaman dan berat bagian atas kering per petak. Terjadi interaksi yang nyata antara perlakuan pemberian PGPR dan pemberian asam humat dan fulvat pada variabel pengamatan berat akar kering. Secara umum pada semua variabel pengamatan, kombinasi perlakuan terbaik adalah tanpa PGPR (P₀) dengan pemberian asam humat dan fulvat (H₃)

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., I. Ahmad, M.S. Khas. 2005. *Indole Acetic Acid Production by Indigeneous Isolates of Azotobacter and Fluorescens Prseudomonas in Presence and Absence of Tryptophan*. Turk J. Biol 29 : 29 – 34
- Anonim, 2018, Rhizobacteria Pendukung Pertumbuhan Tananam, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika <http://www.balittro.go.id> Diakses pada 16 Februari 2018.
- Bohn, H.L., B.L. Mc Neal, G.A. O'Connor. 1985. *Soil Chemistry*. John Wiley & Sons. New York.
- Danarti, S., Najiyati 1998, *Palawija, Budidaya dan Analisa Usaha Tani*, Penebar Swadaya, Jakarta
- Ericsson, T. 1995. *Growth and shoot:root ratio of seedlings in relation to nutrient ability*. Plant and Soil. 168: 205-214.
- Fiqhi, A., 2013, PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacter*), Universitas Hasanudin, Makasar.
- Fitrisiana, N., Taryono, dan Tohari, 2013, *Pengaruh macam pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil wijen hitam dan wijen putih (Sesamum indicum, L)*, Vegetalika, 2(3), 45-53
- Frommel M.I., J. Nowak, Lazarovita, 1991, *Growth Enhancement and Developmental Modifications of in Vitro Grown Potato (Solanum tuberosum ssp. Tuberosum) as Affected by a Nonfluorescent Pseudomonas sp.*, Plant Physiol. 96: 928 – 936.
- Gardner, FP., RB. Pearce, RL. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Terjemahan Herawati Susilo. UI Press. Jakarta.
- Iswati, R. 2012. *Pengaruh dosis formula PGPR asal perakaran bambu terhadap pertumbuhan tanaman tomat (Solanum lycopersicum, Syn)*. Jurnal Agroteknika. Vol 1(1).
- Jacobs, L.W. 1990. Potential hazard when using organic materials as fertilizer for crop production. Food & Fertilizer Technology Center, Extension Bulletin No. 313. ASPAC. Taipeh.
- Kasutjjaningati, Poerwanto R, Widodo, Khumaida N dan Efendi D. 2011. *Pengaruh media induksi terhadap multiplikasi tunas dan pertumbuhan planlet pisang rajabulu (AAB) dan pisang tanduk (AAB) pada berbagai media multiplikasi*. J Agron Indonesia 39(3):180-187
- Mascova, T., T. Herben, 2018. *Root:shoot ratio in developing seedlings: How seedlings change their allocation in response to seed mass and ambient nutrient*. Ecology and Evolution. Vol. 8. Issue 14: 7143-7150
- Muyassaroh, F., M. Ihsan, T. Rahayu, 2014., *Aklimatisasi Bibit Dua Varietas Pisang (Musa paradisiaca, L.) dengan Beberapa Macam PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)*,

Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Agronomi Indonesia, UNS Surakarta 13-14 November 2014.

Rustiati, T, 2015, Uji Efektivitas Pupuk Majemuk NPK yang Ditambah Asam Humat terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi , *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*. 2015;3(2), diakses 13 Juni 2017.

Stevenson, F.J. 1982. *Humus Chemistry*. John Wiley & Sons. New York.

Strobel, G.A., 2002, Microbial Gifts from Rain Forests 1. *Can. J. Plant Pathol.*, 24 : 14 -20.

Sultan, S.A., 2016. Humic Acid's Role in Improving Soil Quality and Plant Growth. Fertilizer R&D at Dayal Group, diakses 13 Juni 2017.

Syekhfani. 2015. Hemat Urea dengan Asam Humat. diakses 13 Juni 2016

Tien, T. M., M.H. Gaskins, dan D.H. Hubbel, 1979, *Plant Growth Substances Produced by Azospirillum brasilense and Their Effect on Growth of Pearl Millet (Pennisetum americanum, L.)* *Appl. Environ. Microbiol.* 37: 1016– 1124.

Yusron, M., M. Januwati dan E. Rini Pribadi, 2018, Budidaya Tanaman Sambiloto, diakses pada 16 Februari 2018