

Pengaruh Asam Humat terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao*) dan Populasi Mikroorganisme di dalam Tanah Humic Dystrudept

*Effect of Humic Acid on the Growth of Cocoa (*Theobroma cacao*) Seedlings and Microbial Population in the Humic Dystrudept*

Laksmita Prima Santi

Indonesian Research Institute for Biotechnology and Bioindustry, PT Riset Perkebunan Nusantara, Jl. Taman Kencana No. 1 Bogor 16128

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 15 November 2015
Direview: 30 Desember 2015
Disetujui: 18 Agustus 2016

Katakunci:

Asam humat
Azotobacter beijerinckii
Aspergillus niger
Hara
Humic Dystrudept

Keywords:

Humic acid
Azotobacter beijerinckii
Aspergillus niger
Nutrient
Humic Dystrudept

Abstrak: Asam humat merupakan bahan organik alam yang ketersediaannya cukup melimpah dan berpotensi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peran asam humat dalam meningkatkan kadar hara bagi bibit kakao dan perkembangbiakan bakteri serta sifat kimia Humic Dystrudept tekstur berpasir menjadi fokus utama dalam riset ini. Kegiatan riset ini dilaksanakan di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia dari bulan Maret sampai November tahun 2014. Penelitian terdiri atas dua kegiatan, (i) Penelitian laboratorium, dan (ii) penelitian di Rumah Kaca. Populasi *Azotobacter beijerinckii* dan *Aspergillus niger* di dalam tanah dievaluasi di laboratorium. Perlakuan dengan penambahan 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; and 12,5 mL asam humat ke dalam 10 kg tanah steril. Sementara itu pengujian di rumah kaca untuk mengetahui pengaruh asam humat terhadap pertumbuhan bibit kakao didesain dengan Rancangan Acak Lengkap dengan dua belas perlakuan dan tiga ulangan melalui penambahan 25; 50; 75; 100 % dosis pupuk NPK; 3,75; 7,5; 11,25; dan 15 mL asam humat; 100% NPK + 7,5 mL asam humat; 50% NPK + 7,5 mL asam humat; 25% NPK + 7,5 mL asam humat ke dalam 10 kg tanah; dan blanko (tanpa pupuk dan asam humat). Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa penambahan asam humat memiliki korelasi positif terhadap peningkatan populasi mikroorganisme tanah dan serapan hara. Kelimpahan terbesar dari populasi *A. beijerinckii* dan *A. niger* diperoleh pada penambahan 7,5-12,5 mL asam humat. Penambahan asam humat serta kombinasinya dengan pupuk NPK dapat meningkatkan kadar hara daun N (5,7%), P (21,4%), dan K (17,2%) serta 5,4 - 41,7% bobot kering bibit kakao.

Abstract. Humic acid is a natural organic material relatively abundant and potentially be used to improve plant growth. The role of humic acid in improving nutrient content of cocoa seedlings and in improving the growth of soil bacteria and fungi, as well as improving chemical properties of sandy Humic Dystrudept were the main foci of this research. This research was carried out at Indonesian Research Institute for Biotechnology and Bioindustry from March to November 2014. The research consists of two activities, (i) laboratory and (ii) greenhouse experiment. Population of *Azotobacter beijerinckii* and *Aspergillus niger* in the soil were evaluated in the laboratory. Treatments were the addition of 0; 2.5; 5.0; 7.5; 10.0; and 12.5 mL humic acid into 10 kg of sterile soil. While the greenhouse experiment, to determine the effects of humic acid on the growth of cocoa (*Theobroma cacao*) seedlings, was arranged in a completely randomized design with three replications and twelve treatments: 25; 50; 75; 100 % dosages of NPK fertilizer; 3.75; 7.5; 11.25; and 15 mL humic acid; 100% NPK + 7.5 mL humic acid; 50% NPK + 7.5 mL humic acid; 25% NPK + 7.5 mL humic acid into 10 kg of soil; and blank (without fertilizer and humic acid). The results of these research showed that humic acid have a positive correlation in increasing soil microbial population and nutrient uptake. The most abundant population of *A. beijerinckii* and *A. niger* were under the addition of the 7.5-12.5 mL of humic acid. The addition of humic acid and its combination with NPK fertilizer increased N content 5.7%, P content 21.4%, and K contents 17.2% in cocoa seedling leaves and seedling dry weight 5.4 - 41.7%.

Pendahuluan

Penggunaan asam humat untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman telah menjadi perhatian utama para periset dalam beberapa dekade terakhir ini. Asam humat merupakan suatu molekul kompleks yang terdiri atas kumpulan berbagai macam bahan organik yang berasal dari residu hasil dekomposisi

tanaman dan hewan. Sebagian besar asam humat diperoleh dari ekstraksi bahan leonardite atau lignit (Tan 2014). Informasi mengenai potensi asam humat telah banyak dilaporkan, namun yang terkait dengan korelasi asam humat dalam meningkatkan perkembangbiakan bakteri dan fungi di dalam tanah tekstur berpasir masih sangat terbatas. Sinergi kinerja gugus karboksil, fenolik, polisakarida, dan protein dari asam humat, fitohormon dan mikroorganisme tanah dapat membantu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

*Corresponding author: laksmita_69@yahoo.co.id

Beberapa penelitian menyampaikan potensi asam humat dalam membantu meningkatkan kesehatan tanah khususnya meningkatkan penyimpanan karbon pada tanah miskin kadar C-organik (Ahmad et al. 2015; Yeo et al. 2015; Hartz dan Bottoms 2010) dan pertumbuhan mikroorganisme tanah (Tikhonov et al. 2010; Canellas and Olivares 2014). Minimnya kadar C-organik tanah yang umum dijumpai pada tanah tekstur berpasir dapat diperbaiki melalui introduksi asam humat secara berimbang. Alternatif ini perlu ditempuh untuk mengoptimalkan penggunaan lahan sub optimal sebagai salah satu pilihan usaha di sektor perkebunan, seperti pengembangan usaha kakao rakyat.

Budidaya kakao di lahan tekstur berpasir dinilai memiliki potensi yang cukup baik. Sifat kimia tanah yang berperan dalam keberhasilan usaha budidaya kakao mencakup pH, bahan organik, total N, kapasitas tukar kation, kadar P, asam dan basa yang dapat dipertukarkan, dan kadar mineral lainnya (Adewole et al. 2012). Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian asam humat terhadap pertumbuhan bakteri dan fungi fungsional, pH, dan kadar C organik dalam tanah tekstur berpasir Humic Dystrudept serta keragaan pertumbuhan bibit kakao yang ditanam dalam media tanah tersebut.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan November Tahun 2014 di Laboratorium dan Rumah Kaca, Pusat Penelitian Bioteknologi dan

Bioindustri Indonesia. Bahan tanah Humic Dystrudept diambil dari area perkebunan di Kalimantan Tengah yang terletak di 1°19' – 3°36' Lintang Selatan dan 110°25' – 112°50' Bujur Timur, Desa Pandu Senjaya, Kecamatan Pangkalan Lada, Kabupaten Kotawaringin Barat, dengan karakteristik fraksi pasir (47,7%), debu (30,3%), liat (10,5%), liat halus (11,5%), pH 1:1 H₂O (5,2), C organik (0,5%), N total (0,13%), P Bray I (15,5 ppm), Ca (0,77 cmol(+) kg⁻¹), Mg (0,33 cmol(+) kg⁻¹), K (0,1 cmol(+) kg⁻¹), Na (0,06 cmol(+) kg⁻¹) dan KTK (5,77 cmol(+) kg⁻¹). Al dan H yang dapat dipertukarkan masing-masing 0,92 dan 0,23 cmol(+) kg⁻¹.

Analisis Tanah

Contoh tanah dikeringanginkan dan disaring hingga lolos saringan berukuran 2 atau 3 mm. Bahan organik ditetapkan berdasarkan metode Walkley-Black, N dengan Kjeldahl, pH tanah dalam suspensi air 1:2,5 (w/v) - pH meter, Ca, Mg, K, Na, dan kapasitas tukar kation (KTK) diekstrak dengan metode 1 N NH₄OAc dan diukur dengan metode perkolasi-titrasi sampai terjadi perubahan warna (Survey Laboratory Methods 2014). Al dan H yang dapat dipertukarkan ditetapkan dengan metode van Reeuwijk (2002). Sementara itu panduan klasifikasi tanah ditetapkan berdasarkan Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2010).

Analisis Asam humat

Untuk mengetahui kadar hara, C-organik, dan logam berat dari asam humat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini maka dilakukan analisis yang meliputi: N (metode Kjeldahl), total P₂O₅ dan K₂O (ekstrak HCl 25%),

Tabel 1. Beberapa sifat kimia asam humat yang digunakan dalam penelitian ini.

Table 1. Some chemical properties of humic acid used in this study.

Jenis analisa Type of analysis	Hasil Results	Jenis analisa Type of analysis	Hasil Results
pH H ₂ O (1:5)	12	C-organik (%) Organic C (%)	38,8
N total (%)	1,9	Pb (ppm)	19
P ₂ O ₅ (%)	1,5	Cd (ppm)	ttd ^{*)}
K ₂ O (%)	0,9	As (ppm)	ttd
Fe (ppm)	2761	Hg (ppm)	ttd
Mn (ppm)	22	La (ppm)	0
Zn (ppm)	21	Ce (ppm)	0
Kemasaman total Total acidity (cmol(+) kg ⁻¹)	4,5	KTK (cmol(+) kg ⁻¹) Cation exchange capacity (cmol(+) kg ⁻¹)	158,9

^{*)}ttd = tidak terdeteksi

C-organik metode Walkley-Black (Eneje et al. 2007), kapasitas tukar kation (KTK) diukur dengan metode 1 N NH_4OAc (Survey Laboratory Methods 2014), total kemasaman dengan 0,1 M $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (Stevenson 1994), logam berat (As, Hg, Pb, Cd, Fe, Mn, dan Zn) dan unsur tanah jarang (La dan Ce) menggunakan AAS (Atomic absorption spectroscopy), serta penetapan pH tanah dalam suspensi air 1:5 (w/v) menggunakan pH meter. Hasil analisis disajikan pada Tabel 1.

Pengaruh pemberian asam humat terhadap pertumbuhan bakteri, fungi, dan kadar C-organik media tanah Humic Dystrudept

Dalam kegiatan penelitian di laboratorium ini, sterilisasi tanah dilakukan dengan menggunakan Gamma radiasi 50 KGray selama 11 jam. Pelaksanaan sterilisasi dilakukan di Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), Jakarta. Sementara itu penyiapan kultur *Azotobacter beijerinckii* dilakukan dengan menumbuhkan inokulan bakteri tersebut ke dalam 50 mL medium cair steril ATCC 14 yang diinkubasi selama 24 jam dalam temperatur ruang dan dikocok dengan kecepatan 200 rpm (Santi dan Goenadi 2013). *Aspergillus niger* ditumbuhkan dalam medium padat Pikovskaya dan diinkubasi selama 7 hari dalam temperatur ruang.

Penyiapan perlakuan uji selanjutnya sebanyak 10 kg bahan tanah steril secara aseptik diinokulasi dengan 10 mL (10^6 cfu) kultur *A. beijerinckii* atau dua disc agar inokulan *A. niger* berdiameter 8 mm (10^4 propagul), kemudian masing-masing ditambahkan larutan asam humat 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; dan 12,5 mL. Inkubasi dilakukan selama 7 dan 14 hari dalam kondisi statis dan temperatur ruang. Dalam uji ini, peubah yang diamati meliputi populasi *A. beijerinckii* dan *A. niger* dengan menggunakan metode *plate count* masing-masing di dalam medium ATCC 14 (per liter medium): 0,2 g; KH_2PO_4 ; 0,8 g K_2HPO_4 ; 0,2 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,1 g $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 2,0 mg; FeCl_3 ; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (trace); 0,5 g; ekstrak kamir; 20 g sukrosa; dan 15 g bakto agar dengan pH 7,2 dan medium Pikovskaya (per liter medium): 5 g $\text{Ca}_3\text{PO}_4 \cdot 3\text{OH}$; 0,2 g NaCl ; 0,2 g KCl ; 0,1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 2,5 mg $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 2,5 mg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 10 g Glukosa; 0,5 g ekstrak khamir, dan 15 g bakto agar. Sementara itu untuk pH dan C-organik (Walkley-Black) dalam tanah dianalisis kembali pada akhir inkubasi hari ke-14. Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap, masing-masing enam perlakuan dengan tiga ulangan. Penambahan asam humat dengan volume terendah tetapi memberikan hasil yang optimum dari penelitian ini selanjutnya digunakan sebagai dasar perancangan pengujian efikasi pada bibit kakao di rumah kaca.

Uji efektivitas asam humat terhadap pertumbuhan bibit kakao pada media tanah Humic Dystrudept di rumah kaca

Sebanyak 10 kg bahan tanah Humic Dystrudept dimasukkan ke dalam ember plastik berkapasitas 15 L yang telah diberi lima lubang dengan diameter 1 cm di bagian bawahnya. Setiap ember plastik ditanami satu bibit kakao lindak tipe *Upper Amazone Hybrid* (UAH) asal biji umur dua minggu. Bibit kakao yang digunakan jenis kakao lindak dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Kegiatan penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap dengan dua belas perlakuan dan tiga ulangan. Pengamatan pertumbuhan bibit yang meliputi jumlah daun, tinggi bibit dan diameter batang dilakukan setiap bulan selama tiga (3) bulan. Penyiraman dilakukan tiap hari dan pengendalian hama-penyakit dilakukan tiap bulan. Seluruh perlakuan, kecuali blanko memperoleh pemupukan dengan pupuk NPK. Standar 100% dosis pupuk untuk bibit kakao adalah 3,1 g (Urea); 5,0 g (TSP); 2,8 g (KCl); dan 3,85 g (Kieserit) per bibit (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia 2010). Analisis media tanam meliputi total mikroorganisme, kadar N, P, dan K serta C organik di dalam tanah. Rancangan percobaan yang dilakukan di rumah kaca ini mengacu pada dosis terendah asam humat yang memberikan hasil optimum terhadap kenaikan pH dan populasi bakteri fungi hasil pengujian laboratorium serta efisiensi kombinasinya dengan pengurangan dosis pupuk NPK. Rancangan perlakuan sebagai berikut:

1. 100% dosis pupuk NPK standar
2. 75% dosis pupuk NPK standar
3. 50% dosis pupuk NPK standar
4. 25% dosis pupuk NPK standar
5. 15 mL asam humat/10 kg tanah
6. 11,25 mL asam humat/10 kg tanah
7. 7,5 mL asam humat/10 kg tanah
8. 3,75 mL asam humat/10 kg tanah
9. 100% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah
10. 50% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah
11. 25% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah
12. Blanko (tanpa pupuk dan asam humat)

Pada akhir pengamatan dilakukan analisis kadar hara daun bibit (Balai Penelitian Tanah 2009). Untuk mengetahui nilai *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) maka dilakukan pengukuran bobot kering (bk) tanaman. Adapun perhitungan RAE sebagai berikut:

$$RAE = \frac{bk \text{ tanaman perlakuan pemupukan} - \text{Blanko (tanpa pupuk)}}{bk \text{ tanaman dipupuk dosis } 100\% - \text{Blanko (tanpa pupuk)}} \times 100\%$$

Nilai RAE > 100% dari perlakuan yang diuji menunjukkan dampak positif yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan standar. Data yang diperoleh diolah dengan analisis sidik ragam dan untuk membandingkan hasil dari tiap perlakuan dilakukan uji lanjut dengan Uji Jarak Berganda Duncan.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Tanah

Bahan tanah Humic Dystrudept yang digunakan untuk penelitian ini terbentuk dari bahan induk batu liat dan batu pasir, kaolinitik, isohipertermik, memiliki epipedon umbrik dengan ketebalan kurang dari 50 cm. Dalam Soil Taxonomy (2010) epipedon umbrik didefinisikan dengan karakter sebagai berikut: (i) ketebalan ≥ 10 – ≥ 25 cm (rata-rata 18 cm), tergantung teksturnya (ii) nilai kroma ≤ 3 , (iii) kejenuhan basa < 50%, (iv) kadar bahan organik $\geq 0,6\%$, dan konsentrasi P tersedia < 1.500 ppm. Hasil analisis bahan tanah menunjukkan dominasi fraksi pasir cukup tinggi, hampir mencapai 50%, dengan kadar C organik sangat rendah, dan pH tanah bersifat masam. Penambahan asam humat dengan karakteristik seperti yang disajikan pada Tabel 1, dapat meningkatkan kesetimbangan pH tanah dan kadar C-organik Humic Dystrudept ini, sehingga menjadi habitat yang baik bagi perkembangbiakan bakteri dan fungi tanah.

Pengaruh pemberian asam humat terhadap pertumbuhan bakteri, fungi, dan kadar C-organik media tanah Humic Dystrudept

Pemilihan *A. beijerinckii* dan *A. niger* yang mewakili analisis populasi mikroorganisme tanah Humic Dystrudept

dalam kegiatan penelitian ini dilakukan karena kedua jenis mikroorganisme tersebut memiliki potensi fungsional yang cukup baik masing-masing dalam hal menambat nitrogen non simbiotik, menghasilkan eksopolisakarida, auksin, sitokinin, dan riboflavin (Jnawali *et al.* 2015; Haghighi *et al.* 2014; Gauri *et al.* 2012; Aly *et al.* 2012; Kizilkaya 2009) serta produksi asam organik yang berperan dalam kelarutan P an-organik di dalam tanah (Padmavathi 2015; Barroso *et al.* 2006). Hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium menunjukkan bahwa populasi *A. beijerinckii* yang ditambahkan ke dalam bahan tanah Humic Dystrudept steril mengalami peningkatan setelah 7 hari inkubasi dalam kondisi statis dan temperatur ruang. Peningkatan populasi *A. beijerinckii* secara nyata (TBUD) terdapat pada perlakuan penambahan asam humat dengan volume 12,5 mL dengan waktu 14 hari inkubasi. Semakin besar volume asam humat yang ditambahkan, populasi *A. beijerinckii* di dalam bahan tanah Humic Dystrudept steril cenderung semakin meningkat. Penambahan asam humat dengan volume 2,5–12,5 mL untuk setiap 10 kg bahan tanah Humic Dystrudept steril dapat memacu perkembangbiakan *A. niger*. Sementara itu dalam bahan tanah Humic Dystrudept steril yang tidak diberi asam humat sampai dengan pengamatan 14 hari inkubasi diketahui tidak ada pertumbuhan *A. niger* (Tabel 2). Berdasarkan pengamatan ini, di dalam media tanah tanpa asam humat maka perkecambahan spora *A. niger* terhambat dikarenakan lingkungan miskin kadar C-organik dan nutrisi lainnya yang diperlukan untuk proses perkecambahan spora. Sementara untuk *A. beijerinckii* proses pembelahan sel bakteri ini terjadi dalam waktu yang relatif lebih cepat pada kondisi kelembaban sedang. Hasil penelitian ini mendukung kegiatan riset yang dilakukan oleh Tikhonov *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa fungsi asam humat di dalam tanah adalah sebagai sumber karbon dan membantu ketersediaan nutrisi bagi pertumbuhan mikroorganisme tanah. pH tanah sangat

Tabel 2. Kelimpahan populasi *A. beijerinckii* dan *A. niger* dalam tanah Humic Dystrudept dengan pemberian asam humat.

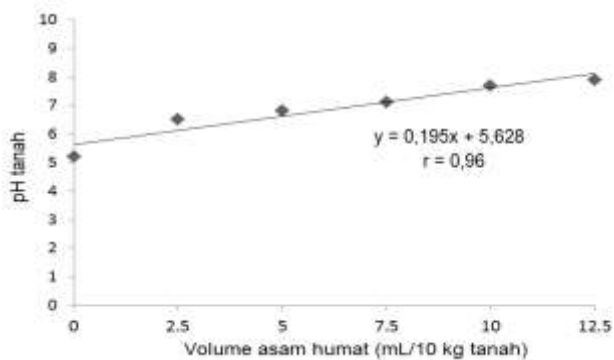
Table 2. *A. beijerinckii* and *A. niger* population abundance in Humic Dystrudept soil with the addition of humic acid.

Volume asam humat (mL)/10 kg tanah <i>Volume of humic acid (mL)/10 kg of soil</i>	<i>A. beijerinckii</i> (cfu/g tanah) <i>A. beijerinckii</i> (cfu/g of soil)		<i>A. niger</i> (propagul/g tanah) <i>A. niger</i> (propagule/g of soil)	
	7 hari <i>7 days</i>	14 hari <i>14 days</i>	7 hari <i>7 days</i>	14 hari <i>14 days</i>
0	$7,1 \times 10^8$	$3,7 \times 10^8$	-**)	-
2,5	$3,1 \times 10^9$	$3,2 \times 10^9$	$6,0 \times 10^4$	$7,4 \times 10^5$
5,0	$2,2 \times 10^9$	$3,3 \times 10^9$	$1,8 \times 10^5$	$5,0 \times 10^5$
7,5	$1,5 \times 10^9$	$5,7 \times 10^9$	$1,4 \times 10^5$	$3,8 \times 10^5$
10,0	$1,8 \times 10^8$	$6,9 \times 10^9$	$2,2 \times 10^5$	$6,6 \times 10^5$
12,5	$5,5 \times 10^9$	TBUD*)	$1,9 \times 10^5$	$8,3 \times 10^5$

*) TBUD = Terlalu banyak untuk dihitung

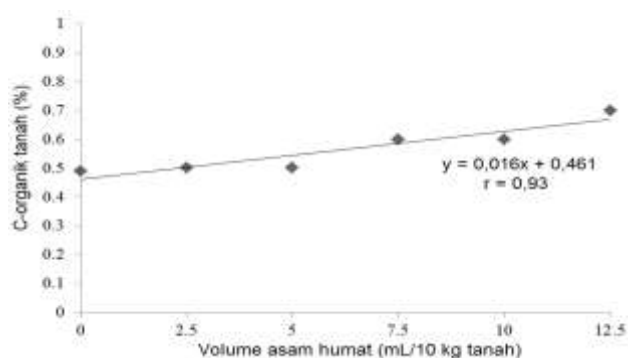
**) tidak ada pertumbuhan

mempengaruhi komunitas mikroorganisme di dalam tanah. Lauber *et al.* (2008) mengatakan bahwa perkembangan fungi tanah tidak atau sangat rendah korelasinya terhadap perubahan pH tanah, lain halnya dengan komunitas bakteri. Perkembangan bakteri di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Umumnya pertumbuhan optimum bakteri tercapai pada pH tanah minimal 5. Sementara itu, fungi akan berkembangbiak secara maksimal pada pH 4,5 (McKinney 2004). Asam humat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini memiliki pH 12. Penambahan asam humat sebanyak 7,5-12,5 mL di dalam 10 kg bahan tanah Humic Dystrudept yang memiliki pH awal 5,2 dapat meningkatkan nilai pH tanah ini menjadi 7,1- 7,9. Muatan negatif (-OH) asam humat tersebut berasal dari gugus fungsional fenolik. Penambahan asam humat ke dalam bahan tanah Humic Dystrudept berkorelasi positif terhadap kenaikan pH dengan nilai $r = 0,96$ (Gambar 1).



Gambar 1. Hubungan antara volume asam humat yang ditambahkan (mL/10 kg tanah) dalam tanah Humic Dystrudept dengan nilai pH tanah

Figure 1. The relationship between the volume of humic acid added (mL/10 kg of soil) to Humic Dystrudept and soil pH



Gambar 2. Hubungan antara dosis asam humat yang ditambahkan ke dalam tanah Humic Dystrudept dengan kadar C organik tanah.

Figure 2. The relationship between the rate humic acid addition into the Humic Dystrudept and soil organic C level

Penambahan asam humat menghasilkan korelasi yang positif ($r = 0,93$) dalam meningkatkan kadar C organik tanah Humic Dystrudept (Gambar 2). Namun demikian, kadar C-organik bahan tanah Humic Dystrudept tersebut masih tergolong sangat rendah ($< 1,0\%$).

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium ini, maka potensi asam humat dalam meningkatkan pH dan C-organik pada tanah Humic Dystrudept dengan dosis optimum 7,5 mL selanjutnya diterapkan dalam kegiatan penelitian di rumah kaca dengan menggunakan bibit kakao sebagai indikator pengujian.

Uji efektivitas asam humat terhadap pertumbuhan bibit kakao pada media tanah Humic Dystrudept di rumah kaca.

Tanaman kakao dapat tumbuh di hampir semua jenis tanah dengan persyaratan bahwa tanah tersebut memiliki kadar C-organik yang cukup (minimal 1,75%), pH optimum 6,0-7,5 serta ketersediaan unsur hara pada tahap pembibitan di *nursery* (1.110 bibit/ha) sebagai berikut: N (2,5 kg/ha); P_2O_5 (1,4 kg/ha); K_2O (3,0 kg/ha); MgO (1,9 kg/ha); CaO (3,3 kg/ha); Mn (0,04 kg/ha); dan Zn (0,01 kg/ha) (Afrifa *et al.* 2009). pH dengan tingkat kemasaman tinggi dapat mengakibatkan rendahnya ketersediaan fosfor yang dapat digunakan oleh tanaman, sementara unsur Fe dan Cu dapat meningkat sehingga bersifat toksik terhadap pertumbuhan bibit (Rousk *et al.* 2010). Kelimpahan bakteri dan fungi di dalam tanah diharapkan dapat membantu ketersediaan nutrisi bagi pertumbuhan bibit kakao.

Hasil pengamatan terhadap kelimpahan bakteri dan fungi di dalam bahan tanah Humic Dystrudept non steril sebagai media tumbuh bibit kakao menunjukkan bahwa kombinasi 100% dosis NPK standar dengan 7,5 mL asam humat menghasilkan kelimpahan bakteri dan fungi yang paling tinggi (Tabel 3). Fungi dari genus *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp, dan *Aspergillus niger* mendominasi kelimpahan jenis fungi per satuan gram contoh tanah tersebut. Sementara untuk genus atau spesies bakteri tidak diidentifikasi lebih lanjut. pH tanah media tanam berkisar antara 5,2 (blanko) sampai dengan rata-rata 7,0 (perlakuan pupuk dan asam humat). Kadar C-organik baik perlakuan dengan pupuk NPK, asam humat, dan kombinasi keduanya berkisar antara 0,5-1,0%.

Pertumbuhan bibit kakao umur tiga bulan baik dengan perlakuan pupuk NPK ataupun kombinasinya dengan asam humat menunjukkan peningkatan pertumbuhan terhadap respon pemberian asam humat ini. Indikator vegetatif yang mencakup tinggi, jumlah daun, dan diameter batang bibit menunjukkan bahwa pemberian 11,25-15 mL asam humat menghasilkan nilai tertinggi dalam pertumbuhan vegetatif

dan tidak berbeda nyata dengan 7,5 mL (Tabel 4). Pemberian asam humat dengan volume 7,5 – 15 mL dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi (28,9-34,8%), jumlah daun (26,9-35,0%), diameter batang bibit (24-35,6%) serta kadar hara P daun bibit kakao sebesar 8,3-21,4% apabila dibandingkan dengan perlakuan 100% dosis pupuk NPK. Sementara itu bibit kakao dengan perlakuan 100% dosis pupuk NPK yang dikombinasikan dengan pemberian 7,5 mL asam humat memiliki kadar hara N dan K masing-masing lebih tinggi 5,7-28,6% dan 17,2-68,9% apabila

dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 5). Pemberian asam humat dengan volume 7,5 – 15 mL dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi (28,9-34,8%), jumlah daun (26,9-35,0%), diameter batang bibit (24-35,6%) serta kadar hara P daun bibit kakao sebesar 8,3-21,4% apabila dibandingkan dengan perlakuan 100% dosis pupuk NPK. Sementara itu bibit kakao dengan perlakuan 100% dosis pupuk NPK yang dikombinasikan dengan pemberian 7,5 mL asam humat memiliki kadar hara N dan K masing-masing lebih tinggi 5,7-28,6% dan 17,2-68,9% apabila

Tabel 3. Kelimpahan mikroorganisme tanah Humic Dystrudept sebagai media tanam bibit kakao, dengan dan tanpa pemberian asam humat.

Table 3. *Humic Dystrudept abundance of soil microorganisms as cocoa seedlings growing media, with and without addition of humic acid.*

Perlakuan <i>Treatment</i>	Populasi Mikroorganisme tanah <i>Population of soil microorganism</i>		
	Bakteri <i>Bacteria</i>	Fungi <i>Fungi</i>	Rata-rata <i>Average</i>
	(cfu/g tanah) (<i>cfu /g soil</i>)	(Propagul/g tanah) (<i>propagule/g soil</i>)	
100% dosis pupuk NPK standar	4,7 x 10 ⁴	3,0 x 10 ³	2,5 x 10 ⁴
75% dosis pupuk NPK standar	4,4 x 10 ⁴	1,0 x 10 ⁵	7,2 x 10 ⁴
50% dosis pupuk NPK standar	6,2 x 10 ⁴	1,2 x 10 ⁴	3,7 x 10 ⁴
25% dosis pupuk NPK standar	6,3 x 10 ⁴	2,0 x 10 ⁴	4,2 x 10 ⁴
15 mL asam humat/10 kg tanah ^{*)}	1,7 x 10 ⁷	2,0 x 10 ⁵	8,6 x 10 ⁶
11,25 mL asam humat/10 kg tanah	8,5 x 10 ⁵	1,8 x 10 ⁴	4,3 x 10 ⁴
7,5 mL asam humat/10 kg tanah	4,9 x 10 ⁴	2,5 x 10 ⁵	1,5 x 10 ⁵
3,75 mL asam humat/10 kg tanah	3,2 x 10 ⁶	1,1 x 10 ⁴	1,6 x 10 ⁶
100% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	3,2 x 10 ⁸	8,0 x 10 ³	1,6 x 10 ⁸
50% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	7,0 x 10 ⁴	2,5 x 10 ⁵	1,6 x 10 ⁵
25% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	8,4 x 10 ⁴	1,3 x 10 ⁴	4,9 x 10 ⁴
Blanko (tanpa pupuk)	3,6 x 10 ⁴	1,6 x 10 ³	1,9 x 10 ⁴

^{*)} Saat aplikasi diencerkan 100 x

Tabel 4. Pertumbuhan bibit kakao umur 3 bulan

Table 4. *The growth of cocoa seedlings 3 months old*

Perlakuan <i>Treatment</i>	Tinggi (cm) <i>Height (cm)</i>	Jumlah daun (helai) <i>Leaf number (sheet)</i>	Diameter batang (mm) <i>Diameter of stem (mm)</i>
100% dosis pupuk NPK standar	18,7 ef	11,7 b	3,8 cd
75% dosis pupuk NPK standar	19,3 ef	10,7 b	4,4 bcd
50% dosis pupuk NPK standar	19,2 ef	10,3 b	3,7 d
25% dosis pupuk NPK standar	18,3 ef	11,3 b	3,6 d
15 mL asam humat/10 kg tanah ^{*)}	28,7a	17,0 a	5,5 ab
11,25 mL asam humat/10 kg tanah	26,3 ab	18,0 a	5,9 a
7,5 mL asam humat/10 kg tanah	26,3 ab	16,0 a	5,0 abc
3,75 mL asam humat/10 kg tanah	23,3 cd	17,0 a	4,7 abcd
100% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	25,7 ab	10,0 b	4,2 cd
50% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	23,2 cd	12,3 b	4,1 cd
25% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	21,0 de	10,7 b	3,7 d
Blanko (tanpa pupuk dan asam humat)	17,2 f	10,7 b	3,7 d

^{*)} Saat aplikasi diencerkan 100 x

^{**)} Angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak ganda Duncan ($P < 0,05$).

^{**) Numbers in the same column followed by similar letter(s) are not significantly different according to Duncan Multiple Range Test ($P < 0,05$).}

Tabel 5. Kadar hara daun, bobot kering, dan keefektifan agronomis (RAE) pertumbuhan bibit kakao dalam media Humic Dystrudept.

Table 5. The nutrient content of leaf, dry weight, and the relative agronomic effectiveness (RAE) of cocoa seedlings growth in Humic Dystrudept soil media.

Perlakuan <i>Treatment</i>	Kadar hara daun <i>Leaf nutrient content</i>			Bobot kering <i>dry weight</i>	RAE
	N	P	K		
	%			(g/bibit) (g/seed)	%
100% dosis pupuk NPK standar	3,3 a	0,11 abc	2,4 ab	3,5 bc	100
75% dosis pupuk NPK standar	3,2 ab	0,10 bcd	2,4 ab	3,0 bc	64,3
50% dosis pupuk NPK standar	2,8 cd	0,11 abc	1,9 bc	3,2 bc	78,6
25% dosis pupuk NPK standar	2,4 e	0,10 bcd	1,9 bc	2,2 c	7,1
15 mL asam humat/10 kg tanah ^{*)}	2,9 bc	0,14 a	1,2 d	6,0 a	278,6
11,25 mL asam humat/10 kg tanah	2,9 bc	0,13 ab	1,0 d	5,7 a	257,1
7,5 mL asam humat/10 kg tanah	2,7 cde	0,12 abc	0,9 d	5,7 a	257,1
3,75 mL asam humat/10 kg tanah	2,5 de	0,12 abc	0,9 d	5,7 a	257,1
100% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	3,5 a	0,10 bcd	2,9 a	4,2 ab	150,0
50% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	2,8 cd	0,10 bcd	2,3 ab	4,8 ab	192,9
25% dosis pupuk NPK standar + 7,5 mL asam humat/10 kg tanah	2,5 de	0,10 bcd	2,0 bc	3,7 bc	114,3
Blanko (tanpa pupuk)	2,4 e	0,08 d	1,6 cd	2,1 c	-

^{*)} Saat aplikasi diencerkan 100 x

^{**)} Angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak ganda Duncan ($P < 0,05$).

^{**) Numbers in the same column followed by similar letter(s) are not significantly different according to Duncan Multiple Range Test ($P < 0,05$).}

dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 5).. Pertumbuhan dan serapan hara daun pada bibit kakao yang lebih baik, diperoleh dari pemberian asam humat ke dalam media pertumbuhan. Pada kondisi ini, asam humat diyakini dapat memacu pertumbuhan bakteri dan fungi di dalamnya (Tabel 3) serta memberikan kesetimbangan pH 6,0 – 6,5 pada media. Kelimpahan bakteri dan fungi fungsional serta pH yang mendekati netral dengan perlakuan asam humat dapat membantu ketersediaan hara pupuk yang diberikan atau unsur hara yang telah tersedia di dalam media bagi pertumbuhan bibit kakao. Aplikasi pupuk NPK tanpa penambahan asam humat menghasilkan nilai RAE lebih kecil dari 100%. Pemberian asam humat atau kombinasinya dengan pupuk NPK dosis 25-100% pada jenis tanah Humic Dystrudept ini memberikan nilai RAE diatas 100%.

Kesimpulan

Asam humat dapat meningkatkan pH, kandungan C organik, dan populasi mikroorganisme di dalam tanah Humic Dystrudept pada kondisi terkendali di laboratorium. Pada pengujian di laboratorium dan pengujian di rumah kaca, penambahan asam humat berpengaruh positif terhadap perkembangan populasi mikroorganisme tanah. Penambahan 7,5 mL asam humat dan kombinasinya dengan pupuk NPK dosis 50% [1,55 g (urea); 2,5 g (TSP); 1,4 g (KCl); dan 1,9 g (Kieserit)] sampai dengan 100% [3,1 g (Urea); 5,0 g (TSP); 2,8 g

(KCl); dan 3,85 g (Kieserit)] per bibit dapat meningkatkan tinggi dan bobot kering bibit kakao. Asam humat dapat meningkatkan kadar C-organik tanah Humic Dystrudept dengan fraksi pasir tinggi ($> 45\%$). Peningkatan dari kondisi kadar awal C-organik 0,5% menjadi 1,0% meskipun secara statistik memberikan korelasi positif, namun bila ditinjau dari standardisasi, baku mutu C-organik di dalam tanah tersebut masih tergolong sangat rendah.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada manajemen PT Astra Agro Lestari, Tbk yang telah memberikan dukungan dana riset dan bantuan untuk memperoleh bahan tanah yang diperlukan dalam kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adewole, E., F.D. Adewumi, B.O. Ajiboye, dan O.T. Ogunmodede. 2012. Humic acid content and physico-chemical properties of cocoa (*Theobroma cacao*). J. Appl. Chem. 2(2): 23-28.
- Afrifa, A.A., K. Ofori- Frimpong, S. Acquaye, D. Snoeck, dan M.K. Abekoe. 2009. Soil nutrient management strategy required for sustainable and competitive cocoa production in Ghana. Paper presented in 16 th International Cocoa Conference, 16-21 November 2009, Bali-Indonesia.

- Ahmad, I., S. Ali, K.S. Khan, F. Hassan, dan K. Bashir. 2015. Use of coal derived humic acid as soil conditioner to improve soil physical properties and wheat yield. *Int. J. Biosci.* 6(12): 81-89.
- Aly, M.M., H.E.S Ahmed, dan S.D Jastaniah. 2012. Synergistic effect between *Azotobacter vinelandii* and *Streptomyces* sp. isolated from saline soil on seed germination and growth of wheat plant. *J. Am. Sci.* 8(5): 667-676.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. ISBN 978-602-8039-21-5. Balai Penelitian Tanah, Bogor. 234p.
- Barroso, C.B., G.T. Pereira, dan E. Nahas. 2006. Solubilization of CaHPO_4 and AlPO_4 by *Aspergillus niger* in culture media with different carbon and nitrogen sources. *Brazilian J. Microbiol* 37:434-438.
- Canellas, L.P. dan F.L. Olivares. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 1(3): 1-11.
- Gauri, S.S., S.M. Mandal, dan B.R. Pati. 2012. Impact of *Azotobacter* exopolysaccharides on sustainable agriculture. *Appl Microbiol Biotechnol.* 95:331-338.
- Haghighi, P., D. Habibi, dan B. Sani. 2014. Wheat response to plant growth promoting rhizobacteria, humic acid and an-brassinolide. *Int. J. Bio Sci.* 5(10): 51-60.
- Hartz, T.K dan T.G. Bottoms. 2010. Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. *Hort. Sci* 45(6): 906-910.
- Jnawali, A.D., R.B Ojha, dan S. Marahatta. 2015. Role of *Azotobacter* in soil fertility and sustainability—A Review. *Adv. Plants Agric. Res.* 2(6): 1-5.
- Kizilkaya, R. 2009. Nitrogen fixation capacity of *Azotobacter* spp. strains isolated from soils in different ecosystems and relationship between them and the microbiological properties of soils. *J. Environ. Biol.* 30(1). 73-82.
- Lauber, C.L., M.S. Strickland, M.A. Bradford, dan N. Fierer. 2008. The influence of soil properties on the structure of bacterial and fungal communities across land-use types. *Soil Biol. Biochem.* 40: 2407 – 2415.
- McKinney, R.E. 2004. *Environmental Pollution Control Microbiology: A Fifty-Year Perspective*. Marcel Dekker, Inc., Madison Avenue, New York. 464 pp.
- Padmavathi, T. 2015. Optimization of phosphate solubilization by *Aspergillus niger* using plackett-burman and response surface methodology. *J. Soil Sci. Plant Nut.* 15 (3): 781-793
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. 2010. *Budidaya Kakao*. Agro Media Pustaka. 298 p.
- Rousk, J., E. Baath, P.C. Brookes, C.L. Lauber, C. Lozupone, J.G. Caporaso, R. Knight, dan N. Fierer. 2010. Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. *Int. Soc. Microbial Ecology.* 1-12.
- Santi, L.P., dan D.H. Goenadi. 2013. Uji potensi *Burkholderia cenocepacia* strain KTG sebagai bahan aktif pembenah hayati pada tanah tekstur berpasir di Kalimantan Tengah. *Menara Perkebunan* 2013: 81(1), 29-35.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*, 2nd (Eds). John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Soil Survey Division Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*. 11th Edition. United States Departement of Agriculture. Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Survey Laboratory Methods Manual. 2014. *Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 5.0*. USDA–NRCS Lincoln, Nebraska. 1031 p.
- Tan, K.H. 2014. *Humic Matter in Soil and the Environment : Principles and Controversies*, 2nd Edition. Apple Academic Press, Inc. Oakville, Canada. 495 p.
- Tikhonov, V.V., A.V. Yakushev, Y.A. Zavgorodnyaya, B.A. Byzov, dan V.V Demin. 2010. Effect of humic acid on the growth of bacteria. *Soil Biology.* 43(3): 305-313.
- Van Reeuwijk, L.P. 2002. *Procedures for Soil Analysis*, International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) Technical paper, no. 9, ISRIC, p. 19.
- Yeo, S.W., F.N.L. Ling, dan A. Sulaeman. 2015. Physico-chemical properties of kaolin-humic acid. *J.Appl. Sci. Agric.* 10(5): 13-18.