

Rosniawaty, S. · R. Sudirja · M. Ariyanti · S. Mubarak · A. Wahyudin

Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan tanah serta pertumbuhan dan fisiologi tanaman kakao muda hasil transplanting di tanah Inceptisol

Sari. Penanaman bibit kakao pada tanah inceptisol memiliki beberapa kendala, salah satunya adalah bahan organik rendah. Peningkatan pertumbuhan tanaman kakao pada awal tanam dapat dilakukan dengan pemberian bahan organik. Saat ini terdapat bahan organik berbentuk cair, namun pengaruhnya terhadap kakao belum menghasilkan belum diketahui, karena pada umumnya bahan organik yang digunakan pada tanaman kakao berbentuk padat. Tujuan penelitian ini untuk melihat pengaruh bahan organik berbeda (asam humat dan pupuk kotoran sapi) terhadap kesuburan tanah, pertumbuhan, dan fisiologi tanaman kakao belum menghasilkan. Percobaan dilakukan pada bulan Januari sampai Desember 2017 di kebun percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 9 perlakuan dan 3 (tiga) ulangan. Perlakuan yang diaplikasikan adalah dosis asam humat per tanaman (0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL) serta dosis pupuk kotoran sapi per tanaman (0 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg, dan 20 kg). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis bahan organik cenderung meningkatkan kapasitas tukar kation dan kandungan C-organik, tetapi tidak berpengaruh terhadap pH tanah. Bahan organik padat maupun cair tidak memberikan pengaruh terhadap pertambahan tinggi tanaman, pertambahan diameter batang, dan indeks klorofil pada tanaman kakao belum menghasilkan, namun pupuk kotoran sapi 10 kg per tanaman yang diberikan pada awal pertumbuhan tanaman memberikan pertambahan jumlah daun terbaik.

Kata kunci: Asam humat · Kakao · Kotoran sapi · Tanaman belum menghasilkan

Effect of organic materials addition on soil fertility, plant growth and physiology of immature cocoa plants in Inceptisol soil

Abstract. Planting cacao seedlings on inceptisol face several problems, one of them is low organic matter content. The application of organic materials can be used to increase cocoa plant growth at early planting stage. Recently, new formulation of organic fertilizer, i.e., liquid organic fertilization, has been produced, but its effects on immature cocoa plants growth have not been clearly identified, because the organic matter applied in cocoa plants is usually the solid ones. The objectives of this experiment was to investigate the effect of different organic matter (humic acid and solid cow manure) on soil fertility, the growth and physiology of immature cocoa plants. The experiment was conducted from January to December 2017 in the experimental field of the Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Randomized Block Design was performed in this experiment with 9 treatments and 3 replications. Applied treatments were doses of humic acid per plant (0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL and 20 mL) and doses of cow manure per plant (0 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg and 20 kg). The results showed that both organic matters tended to cation exchange capacity and C-organic content, but did not affect the soil pH. Both organic matters did not significantly affect the increase of plant height, the increase of stem diameter, and chlorophyll index of immature cocoa plants, but 10 kg of solid cow dung per plant given at the beginning of plant growth gave the highest number of leaves produced.

Keywords : Humic acid · Cocoa · Cow manure · Immature plant

Diterima : 14 Maret 2021, Disetujui : 8 Juni 2021, Dipublikasikan : 15 Desember 2021

DOI: [10.24198/kultivasi.v20i3.32621](https://doi.org/10.24198/kultivasi.v20i3.32621)

Rosniawaty, S.¹ · R. Sudirja² · M. Ariyanti¹ · S. Mubarak¹ · A. Wahyudin¹

¹ Departemen Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Unpad, Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

² Departemen Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Unpad, Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

Korespondensi: santi.rosniawaty@unpad.ac.id

Rosniawaty, S. *dkk.* : Pengaruh bahan organik terhadap kesuburan tanah serta pertumbuhan dan fisiologi tanaman kakao muda hasil transplanting di tanah inceptisol

Pendahuluan

Saat ini Indonesia menempati urutan ke-6 sebagai negara penghasil biji kakao dengan produksi pada tahun 2017/2018 sebanyak 240.000 ton, urutan pertama dan kedua masing-masing adalah negara Pantai Gading dan Ghana dengan produksi sebesar 1.964.000 ton dan 905.000 ton (ICCO, 2020). Dilihat dari persaingan internasional, produksi kakao Indonesia masih perlu ditingkatkan. Produktivitas kakao Indonesia yang diusahakan oleh perkebunan rakyat sebesar 346 kg/ha, perkebunan swasta 641 kg/ha, dan perkebunan negara 819 kg/ha (Badan Pusat Statistik, 2019). Hasil tersebut masih di bawah potensi genetik kultivar kakao di Indonesia yang berkisar antara 1 - 3 ton/ha/tahun. Perlu adanya peningkatan teknologi budidaya tanaman kakao sehingga produktivitasnya dapat mendekati atau mencapai potensi hasil tanaman kakao sebenarnya.

Inceptisol adalah salah satu jenis tanah masam yang sebarannya cukup luas di Indonesia, yaitu $\pm 70,5$ juta Ha (37,5%). Di Jawa Barat tanah Inceptisol seluas 897.845 Ha (Mulyani *et al.*, 2010). Inceptisol mempunyai tingkat kesuburan tanah dari rendah sampai tinggi, lapisan permukaan yang mudah tercuci, agregat kurang stabil, permeabilitas agak lambat, kandungan bahan organik rendah, pH dari rendah sampai sedang, serta kandungan liat yang cukup tinggi (Swanda *et al.*, 2015).

Peningkatan produktivitas tanaman kakao dapat dilakukan sejak awal tanam. Awal tanam, tanaman kakao memerlukan bahan organik. Lubang tanam diisi dengan pupuk hijau atau pupuk kandang (Firdausil dan Nasriati, 2008). Pupuk organik berfungsi memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Alcántara, *et al.*, 2016). Terdapat dua bentuk pupuk organik, yaitu pupuk organik cair dan pupuk organik padat.

Pupuk organik cair dapat berasal dari urin hewan ternak, sedangkan pupuk organik padat berasal dari kotoran padat hewan ternak (Singh, 2012). Asam humat merupakan salah satu pupuk organik cair dan merupakan hasil akhir dekomposisi bahan organik. Menurut Prakash *et al.* (2018) bahwa pupuk alternatif yang tidak menimbulkan dampak serius adalah

pupuk organik seperti pupuk cair rumput laut, kascing, kompos ikan, mikroorganisme efektif, dan asam humat. Asam humat berfungsi meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah dan memperbaiki sifat kimia tanah lainnya. Asam humat adalah komponen tanah penting yang bisa meningkatkan ketersediaan nutrisi dan berdampak pada sifat-sifat kimia, biologi, dan fisik tanah yang penting (Khaled & Fawy, 2011).

Pupuk organik berbentuk padat dapat diperoleh dari kotoran hewan ternak, diantaranya berasal dari kotoran sapi. Pupuk kotoran sapi memiliki beberapa keunggulan. Kotoran sapi adalah sumber yang sangat baik untuk mempertahankan kapasitas produksi tanah dan meningkatkan populasi mikroba (Raj *et al.*, 2014). Kelebihan lainnya adalah mempunyai mineral dan unsur hara baik makro maupun mikro. Menurut Ram (2017), kotoran sapi mempunyai nutrisi dan mineral yang dibutuhkan tanaman seperti unsur N (3%), P (2%), dan K (1%).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan pengaruh positif dari aplikasi bahan organik pada pertumbuhan dan hasil kakao. Hasil penelitian Idaryani dan Sahardi (2016) menunjukkan bahwa pemberian kompos 5 kg + pupuk hayati 30 g per tanaman, memberikan hasil tanaman kakao tertinggi. Pemberian pupuk kandang 5 kg + 5 g urea + 5 g SP-36 meningkatkan pertumbuhan dan jumlah buah terbaik yaitu 38,67 buah/tanaman (Azri, 2015). Hasil penelitian Sari dan Abdoellah (2017) mengungkapkan bahwa aplikasi asam humat dengan dosis 10 g dan 30 g menghasilkan akar, diameter batang, dan berat daun bibit kopi lebih baik dibandingkan kompos dari ampas kopi dan pupuk kandang.

Penelitian mengenai pengaruh perbedaan bentuk bahan organik pada tanaman kakao muda (tanaman belum menghasilkan, TBM) masih belum banyak dilakukan, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh perbedaan bentuk bahan organik terhadap pertumbuhan kakao belum menghasilkan. Adapun bentuk bahan organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan organik cair (asam humat) dan padat (kotoran sapi) yang diaplikasikan pada awal penanaman.

Bahan dan Metode

Percobaan ini dilaksanakan pada Januari 2017 sampai Desember 2017 di Kebun Percobaan Ciparanje Jatinangor, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang dengan ketinggian tempat ± 752 m di atas permukaan laut. Ordo tanah di lokasi percobaan adalah Inceptisol dan tipe curah hujan termasuk tipe C (agak basah) menurut klasifikasi Schmidt-Ferguson.

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) kultivar Sulawesi 1 umur 0 bulan setelah pindah tanam dari pembibitan yang ditanam dengan jarak tanam 300×300 cm² dan tanaman Gamal (*Gliricidia sepium*) sebagai pohon pelindung. Pupuk yang digunakan untuk perlakuan adalah larutan asam humat dan kotoran sapi (hasil analisis tercantum pada Tabel 1) serta pupuk NPK Tablet sebagai pupuk dasar dengan komposisi N, P, K, Mg, S, Ca, dan unsur mikro (16:16:16:2:2:4:1).

Tabel 1. Kandungan unsur hara asam humat dan kotoran sapi, yang digunakan dalam penelitian

Parameter	Jenis pupuk	
	Asam humat*	Kotoran sapi**
N (%)	0,56	1,06
P (%)		1,27
	0,004	
K (%)	3,71	0,34
Mg (%)	-	-
S (%)	-	-
Ca (%)	-	-
Unsur mikro (%)	-	-
pH H ₂ O	9,00	7,00
C-organik (%)	7,56	36,21
C/N	13,3	24,16
Humic acid (%)	12,5	-
Kadar Air (%)	-	18,28

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 9 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali. Masing-masing perlakuan di setiap ulangan terdiri dari 2 tanaman sehingga digunakan 54 tanaman. Perlakuannya adalah:

A = Kontrol (tanpa asam humat dan tanpa pupuk kandang);

B = Asam Humat 10 mL/tanaman;

C = Asam Humat 20 mL/tanaman;

D = Asam Humat 30 mL/tanaman;

E = Asam Humat 40 mL/tanaman;

F = Pupuk Kotoran Sapi 5 kg/ lubang tanam;

G = Pupuk Kotoran Sapi 10 kg/ lubang tanam;

H = Pupuk Kotoran Sapi 15 kg/ lubang tanam;

I = Pupuk Kotoran Sapi 20 kg/ lubang tanam.

Aplikasi pupuk kotoran sapi dilakukan pada saat tanam, sedangkan asam humat pada saat tanam dan 7 bulan setelah tanam, masing-masing setengah dosis perlakuan. Pengamatan dilakukan pada kesuburan tanah (pH, KTK, dan C-organik tanah), pertumbuhan tanaman (pertambahan tinggi tanaman, pertambahan diameter batang, dan pertambahan jumlah daun), serta fisiologi tanaman (indeks kandungan klorofil). Pengukuran pH menggunakan metode *electrometry*, Penentuan C-organik dengan metode Walkley & Black, serta Penentuan KTK dengan Ekstrak NH₄Oac 1M pH 7,0 (Eviati dan Sulaeman, 2009).

Data pertambahan diperoleh dengan cara menghitung selisih saat pengamatan (1 - 10 bulan) dengan data saat tanam. Analisis data menggunakan Uji F dan dilanjutkan dengan uji beda antar rata-rata perlakuan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5% (Gomez dan Gomez, 2016).

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis tanah di tempat penelitian sebelum perlakuan dan setelah penelitian tercantum pada Tabel 2. Penurunan pH terjadi dari semula 7,18 menjadi sekitar 6 pada semua perlakuan, baik kontrol maupun perlakuan aplikasi bahan organik. Hal ini mungkin disebabkan tanah di pembukaan lahan penelitian mengandung bahan organik yang belum terdekomposisi sepenuhnya. Dekomposisi bahan organik menghasilkan pembentukan asam organik terlarut, Asam yang dihasilkan selama dekomposisi serasah di permukaan bergerak turun melalui tanah dengan air perkolasi menghilangkan kation basa seperti kalsium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), dan kalium (K⁺) yang lepas dari mineral. Keseimbangan muatan dipertahankan melalui akumulasi H⁺ dan konsentrasi aluminium pembentuk asam (Al). Pencucian asam ini menciptakan tanah yang cenderung sedikit masam (pH 6,5) hingga sangat masam (pH 3,8) di permukaan tanah (Morris, 2004).

Terdapat kenaikan KTK tanah dan C organik dari semula 14,04 cmol/kg menjadi 16,13 cmol/kg dan dari 1,57% menjadi 4,40%. Bahan organik berfungsi untuk meningkatkan KTK dan C

organik tanah, seperti telah dikemukakan oleh Ferreiro *et al.* (2016), bahwa peningkatan bahan organik tanah akan meningkatkan kapasitas pertukaran kation (KTK) dan meningkatkan kesuburan tanah. Terjadi perubahan pada pH, KTK, dan C Organik akibat pemberian bahan organik.

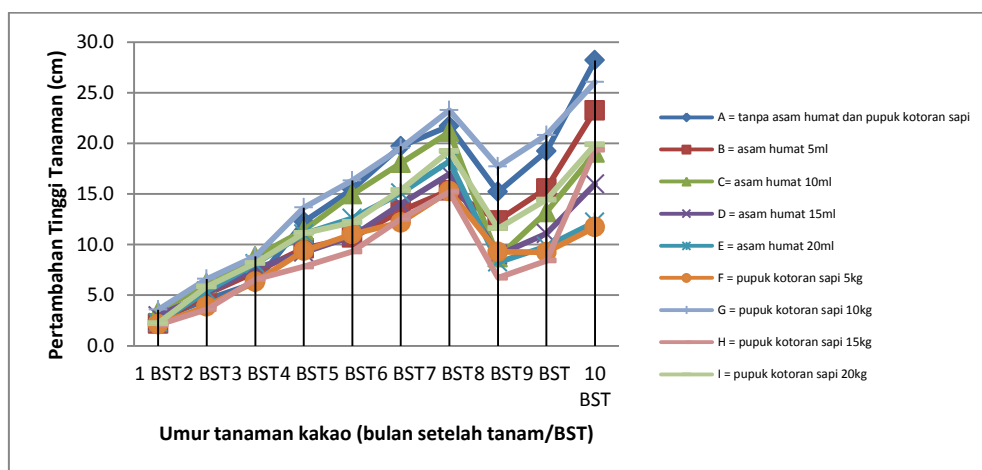
Pertambahan Tinggi Tanaman. Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan pertambahan tinggi tanaman kakao yang disebabkan pemberian bahan organik dengan bentuk berbeda pada umur 1 sampai 10 bulan setelah tanam (Gambar 1). Hal ini dapat disebabkan oleh pH seperti pada Tabel 2 yang hampir sama di setiap perlakuan pada akhir percobaan dengan kriteria agak masam.

Kemasaman tanah akan berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara yang pada akhirnya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Neina (2019) mengemukakan bahwa pH tanah, digambarkan sebagai "variabel tanah induk" yang mempengaruhi berjuta-juta sifat biologis, kimia, dan fisik tanah dan proses yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan hasil biomassa. Menurut Kyveryga *et al.* (2004) mengamati bahwa kisaran pH tanah 6 hingga 8 sangat mempengaruhi tingkat nitrifikasi pupuk N. Unsur N berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, diantaranya pada pertumbuhan tinggi tanaman. Aplikasi N dan P berpengaruh terhadap tinggi tanaman (Razaq *et al.*, 2017).

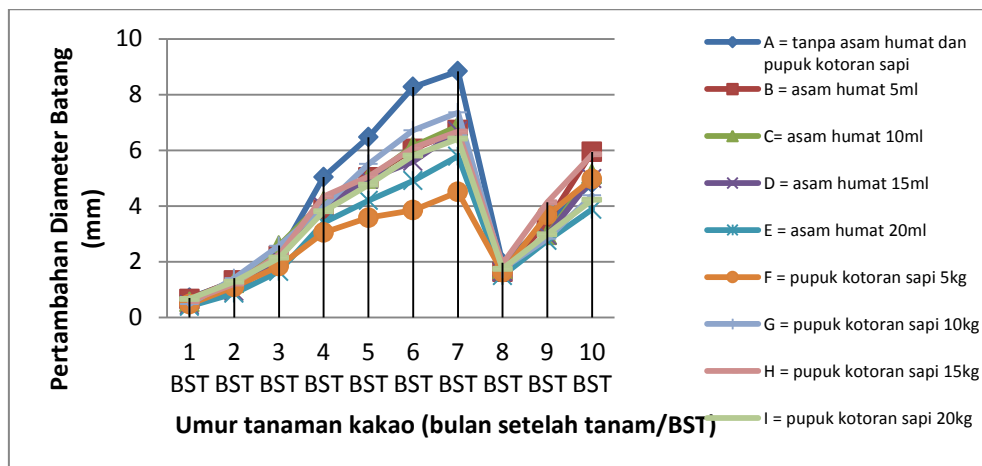
Tabel 2. Hasil analisis tanah pada awal dan akhir percobaan.

No	Perlakuan	pH (H ₂ O)	KTK (cmol/kg)	C-organik (%)	Harkat*
1.	Analisis Tanah Awal	7,18	14,04	1,57	netral; sedang; rendah
2.	Analisis Tanah Akhir:				
	A= Kontrol	6,23	17,44	4,72	Agak masam;sedang;tinggi
	B= Asam Humat 5 ml	6,17	16,50	4,09	Agak masam;rendah;tinggi
	C= Asam Humat 10 ml	6,33	16,56	5,00	Agak masam; rendah;tinggi
	D= Asam Humat 15 ml	6,13	16,81	5,44	Agak masam;sedang;sangat tinggi
	E= Asam Humat 20 ml	6,28	17,82	4,13	Agak masam;sedang;tinggi
	F= Pupuk Kotoran Sapi 5 kg	6,27	16,59	4,27	Agak masam;rendah;tinggi
	G= Pupuk Kotoran Sapi 10 kg	6,34	16,37	3,63	Agak masam;rendah;tinggi
	H= Pupuk Kotoran Sapi 15 kg	6,39	14,49	4,28	Agak masam;rendah;tinggi
	I= Pupuk Kotoran Sapi 20 kg	6,40	14,31	4,08	Agak masam; rendah;tinggi

Keterangan: Analisis dilakukan di Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman Jurusan Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian Unpad, 2017. *penggolongan berdasarkan Hardjowigeno (1995).



Gambar 1. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap pertambahan tinggi kakao pada umur 1 -10 bulan setelah tanam (BST)



Gambar 2. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap pertambahan diameter batang kakao pada umur 1-10 bulan setelah tanam (BST).

Pertambahan Diameter Batang. Secara umum peningkatan C organik di akhir percobaan (Tabel 2) akan menyediakan hara tersedia yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Han *et al.* (2016) mengemukakan bahwa pupuk organik secara signifikan meningkatkan konsentrasi nitrogen, fosfor yang tersedia, kalium yang dapat ditukar, kalsium, dan magnesium. Unsur hara tersebut merupakan unsur hara makro yang berperan dalam pertumbuhan tanaman, baik secara horizontal maupun vertikal. Menurut Leghari (2016), nitrogen memainkan peran terpenting dalam berbagai proses fisiologis merangsang pertumbuhan daun, batang, dan pertumbuhan serta perkembangan bagian vegetatif lainnya. Namun demikian, tidak terdapat perbedaan pertambahan diameter batang kakao yang disebabkan pemberian bahan organik dengan bentuk berbeda selama pengamatan 10 bulan setelah tanam (Gambar 2). Hal ini dapat disebabkan diameter batang merupakan pertumbuhan batang ke arah samping/horizontal dan pertumbuhannya lambat sehingga belum dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, sejalan dengan penelitian Putz (1990) pada pohon berkayu merambat (*Liana sp.*), bahwa pertumbuhan diameter batang berjalan lambat.

Pertambahan Jumlah Daun. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan respons pertambahan jumlah daun kakao terhadap perlakuan pada umur 1, 8, 9 dan 10 bulan (Tabel 3). Perlakuan pupuk organik kotoran

sapi dengan dosis 10 kg mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah daun kakao. Jumlah daun sangat dipengaruhi oleh aktifitas fotosintesis dan aktifitas ini tergantung pada ketersediaan unsur N.

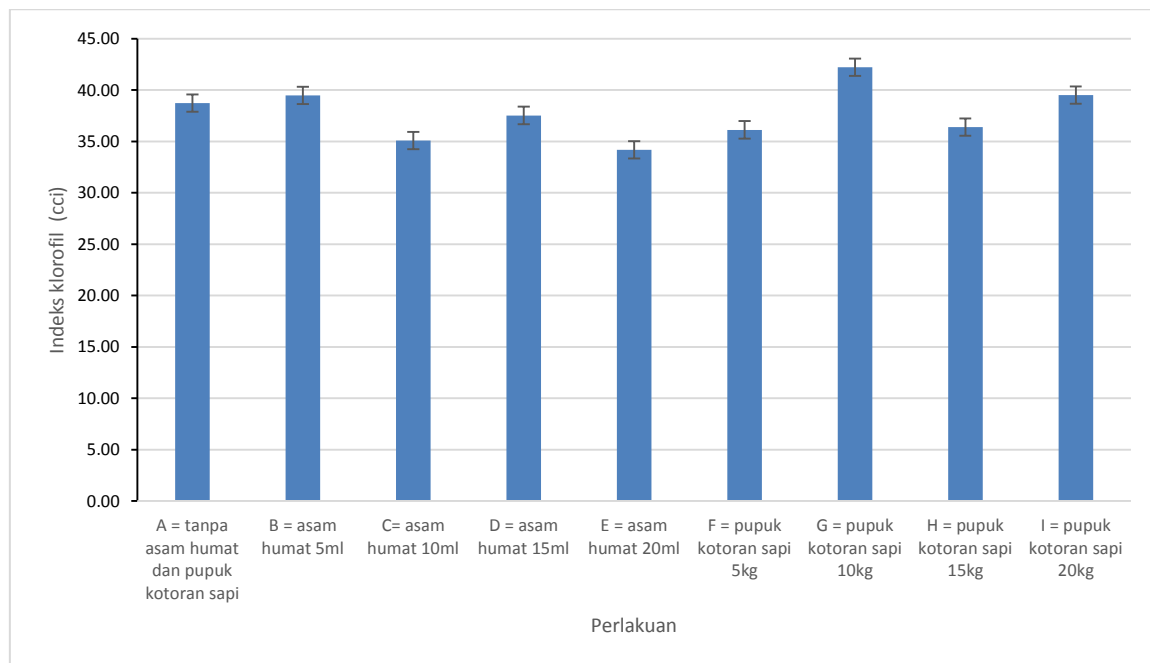
Nitrogen diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman, seperti pertumbuhan daun. Unsur N merupakan unsur pokok penyedia komponen sel tanaman termasuk asam amino, protein, dan asam nukleat (Taiz and Zeiger, 2010). Unsur N merupakan salah satu pembentuk klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis dan enzim-enzim yang terlibat dalam proses fotosintesis. Unsur N menyusun protein-protein sehingga berpengaruh pada pertumbuhan daun. Menurut Olson and Kurtz (1982) unsur N merupakan komponen molekul klorofil, komponen asam amino pembentuk protein, esensial bagi aktivasi karbohidrat, komponen enzim, dan merangsang pertumbuhan akar, serta mendukung pengambilan hara.

Pemberian pupuk kotoran sapi 10 kg sudah optimum untuk pertumbuhan daun kakao selama 10 bulan, sementara peningkatan dosis tidak memberikan pengaruh pada pertumbuhan daun. Tisdale *et al.* (1993) mengemukakan bahwa penyerapan unsur hara oleh tanaman secara berlebihan tidak mempengaruhi hasil tetapi menambah konsentrasi unsur hara dalam tanaman yang disebut dengan *luxury consumption*, selain itu, hukum *law of diminishing returns* mengemukakan bahwa tidak ada respons lebih lanjut pada tanaman dengan peningkatan sejumlah unsur hara.

Tabel. 3. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap pertambahan jumlah daun kakao pada umur 1 -10 bulan setelah tanam (BST).

Perlakuan	Pertambahan jumlah daun (helai)									
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST	7 BST	8 BST	9 BST	10 BST
A	3,83 ab	7,83	7,83	12,67	16,83	17,50	18,17	12,64 b	16,79 b	22,44 b
B	0,33 d	6,33	7,50	7,17	9,50	11,67	9,17	17,33 b	27,33 b	35,00 b
C	0,67 cd	4,83	6,17	7,67	12,00	10,67	9,67	16,17 b	31,33 b	38,00 b
D	3,33 abc	5,83	6,33	8,67	11,67	10,00	11,33	16,50 b	22,17 b	25,67 b
E	2,83 abcd	3,83	6,00	6,33	7,33	9,17	11,17	11,50 b	15,67 b	22,83 b
F	1,17 bcd	4,17	5,83	6,50	8,83	14,17	12,17	11,50 b	21,17 b	39,00 b
G	5,17 a	8,00	9,33	13,83	17,00	18,67	18,17	47,21 a	42,51 a	70,84 a
H	2,33 abcd	4,33	4,83	6,83	7,67	11,50	10,00	20,83 b	28,50 b	34,80 b
I	1,67 abc	5,83	6,83	7,50	8,67	11,33	10,83	22,67 b	15,78 b	28,98 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%; BST = bulan setelah tanam; A = kontrol; B = asam humat 5 mL; C = asam humat 10 mL; D = asam humat 15 mL; E = asam humat 20 mL; F = pupuk kotoran sapi 5 kg; G = pupuk kotoran sapi 10 kg; H = pupuk kotoran sapi 15 kg; I = Pupuk kotoran sapi 20 kg.



Gambar 3. Pengaruh bahan organik berbeda terhadap indeks klorofil daun kakao.

Indeks Klorofil. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan indeks klorofil akibat pemberian jenis bahan organik berbeda (Gambar 3). Hal ini dapat disebabkan oleh pemberian pupuk majemuk berbentuk tablet yang mengandung unsur Mg sebagai pupuk di awal penanaman pada semua tanaman kakao. Unsur Mg merupakan salah satu komponen klorofil (Taiz and Zeiger, 2006). Magnesium (Mg) adalah kation paling melimpah kedua dalam tanaman (Peng *et al.*, 2019). Menurut Cakmak & Yazici (2010), proses dan reaksi metabolik tertentu yang dipengaruhi

oleh Mg diantaranya adalah pembentukan klorofil. Magnesium (Mg)-kelatase adalah kompleks enzim heterotrimerik yang mengkatalisis regulasi dan reaksi enzimatik dalam biosintesis klorofil (Rissler *et al.*, 2002).

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan organik berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap pertambahan tinggi tanaman, pertambahan diameter batang, dan indeks klorofil tanaman kakao muda, namun pupuk

kotoran sapi 10 kg per tanaman yang diberikan pada awal pertumbuhan tanaman memberikan pertambahan jumlah daun terbaik. Terdapat kecenderungan peningkatan KTK dan C-organik akibat pemberian bahan organik.

Daftar Pustaka

- Azri. 2015. Pengaruh Pemupukan terhadap Pertumbuhan dan Buah Tanaman Kakao. *Agros*, 17(2), 222-227.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Cakmak, I.A. and A.M. Yazici. 2010. Magnesium: A forgotten element in crop production. *Better Crops*, 94(2), 23-25.
- Ferreiro, J.P., V.P. de Almeida, M.C. Alves, C.A. de Abreu, S.R. Viera, and E.V. Vazquez. 2016. Spatial Variability of Soil Organic Matter and Cation Exchange Capacity in an Oxisol under Different Land Uses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(51), 75-89. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1232099>
- Firdausil, A.B., A.Y. Nasriati. 2008. Teknologi Budidaya Kakao. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Retrieved from <http://bbp2tp.litbang.pertanian.go.id/images/stories/budidaya/kakao.pdf>
- Gomez, K.A., and A.A. Gomez. 2016. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. UI Press. <https://doi.org/10.1080/02673843.2013.847850>
- Han, S., H., J.Y. An, J.Hwang, S.B. Kim, and B.B. Park. 2016. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. *Forest Science and Technology*, 12(3), 137-143. <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1135827>
- ICCO. Statistic Production. 2019. Retrieved from https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/46-statistics-production.html.
- Idaryani dan Sahardi. 2016. Respon Beberapa Sifat Kimia dan Hasil Tanaman Kakao terhadap Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. Banjarbaru.
- Jiang, J., Y. Wang, M. Yu, N. Cao. and J. Yan. 2018. Soil organic matter is important for acid buffering and reducing aluminum leaching from acidic forest soils. *Chemical Geology*, 501, 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.10.009>
- Khaled, H., and H.A. Fawy. 2011. Effect of different Levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6(1), 21-29. <https://doi.org/10.17221/4/2010-swr>
- Kyveryga, P.M., A.M. Blackmer, J.W. Ellsworth, and R. Isla. 2004. Soil pH effects on nitrification of fall-applied anhydrous ammonia. *Soil Science Society of America Journal*, 68(2), 545-551.
- Leghari, S. J., N. A. Wahocho, G. M. Laghari, K.H. Talpur, and S.A. Wahocho, and A.A. Lashari. 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology (Jordan)*, 10(9), 209-218.
- Martínez-Alcántara, B., M.R. Martínez-Cuenca, A. Bermejo, F. Legaz, and A. Quiñones. 2016. Liquid organic fertilizers for sustainable agriculture: Nutrient uptake of organic versus mineral fertilizers in citrus trees. *PLoS ONE*, 11(10), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161619>
- Morris, L.A. 2004. Soil Biology and Tree Growth. *Soil Organic Matter Forms and Functions*. In Burley, J (Ed.). *Encyclopedia of Forest Sciences*, Pages 1201-1207. Elsevier.
- Mulyani, A., A. Rahman, A. Dariah. 2010. Penyebaran lahan masam, potensi, dan ketersediaannya untuk pertanian. *Prosiding Simposium Nasional Pdayagunaan Tanah Masam*, hal. 23-34. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Neina, D. 2019. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- Olson, R.A., and L.T. Kurtz. 1982. Crop Nitrogen Requirements, Utilization, and fertilization. In R. D. H. and d. r. K. J.F. Stevenson, J.M. Bremner (Ed.), *Nitrogen in agricultural soils*

- (pp. 567-599). ASA, CSAA, SSSA, Madison WI.
- Peng, Y.Y., L.L. Liao, S. Liu, M.M. Nie, J. Li, L.D. Zhang, Z.C. Chen. 2019. Magnesium deficiency triggers SGR-mediated chlorophyll degradation for magnesium remobilization. *Plant Physiology*, 181, 262-275. <https://doi.org/10.1104/pp.19.00610>
- Prakash, P., A. Mitra, R. Nag, and S. Sunkar. 2018. Effect of Seaweed Liquid Fertilizer and Humic Acid Formulation on the Growth and Nutritional Quality of *Abelmoschus esculentus*. *Asian Journal of Crop Science*, 10(1), 48-52. <https://doi.org/https://scialert.net/fulltextmobile/?doi=ajcs.2018.48.52>
- Putz, F. E. (1990). Liana Stem Diameter Growth and Mortality Rates on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 22(1), 103-105. <https://doi.org/10.2307/2388725>
- Raj, A., M.K. Jhariya, and P. Toppo. 2014. Cow dung for ecofriendly and sustainable productive farming. *International Journal of Scientific Research*, 3(10), 201-212.
- Ram. 2017. Effective use of cow dung manure for healthy plant growth. *International Journal of Advanced Research and Development*, 2(5), 218-221.
- Razaq, M., P. Zhang, H.L. Shen, and Salahuddin. 2017. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of *Acer mono*. *PLoS ONE*, 12(2), 1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171321>
- Rissler, H.M, E. Collakova, D. DellaPenna, and J.P.B. Whelan. 2002. Chlorophyll biosynthesis. Expression of a second chl I gene of magnesium chelatase in *Arabidopsis* supports only limited chlorophyll synthesis. *Plant Physiol*, 128, 770-779.
- Sari dan Abdoellah. 2017. Effectiveness of Humic Acid Application on Growth of Coffee Seedlings. *Pelita Perkebunan* 33 (3) : 188-194
- Singh, R.P. 2012. *Organic Fertilizers: Types, Production and Environmental Impact*. New York: Nova Science Inc.
- Swanda, J., H. Hanum, dan P. Marpaung. 2015. Perubahan sifat kimia inceptisol melalui aplikasi bahan humat ekstrak gambut dengan inkubasi dua minggu. *J. Agroekoteknologi*, 3(1): 79 - 86.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. Sianuer Associates, Inc., Publisher. Sunderland, Massachussetts.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton, and J.L. Havlin. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers. Better Crops/Summer 1993 (Fifth Edit)*. 445 Hutchinson Avenue, Columbus, OH 43235-5677: Macmillan Publishing Company.