

KORELASI ANTARA KETINGGIAN TEMPAT, SIFAT KIMIA TANAH, DAN MUTU FISIK BIJI KOPI ARABIKA DI DATARAN TINGGI GARUT

CORRELATION BETWEEN ALTITUDE, SOIL CHEMICAL PROPERTIES, AND PHYSICAL QUALITY OF ARABICA COFFEE BEANS IN HIGHLAND AREAS OF GARUT

* Handi Supriadi, Enny Randriani, dan Juniaty Towaha

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

* handibalitri@gmail.com

(Tanggal diterima: 8 Desember 2015, direvisi: 29 Desember 2015, disetujui terbit: 18 Maret 2016)

ABSTRAK

Ketinggian tempat mempengaruhi unsur-unsur iklim yang akan berdampak terhadap sifat kimia tanah. Pertumbuhan, produktivitas, mutu, dan citarasa kopi ditentukan oleh beberapa faktor, salah satunya sifat kimia tanah. Tujuan penelitian adalah menganalisis korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Kabupaten Garut. Penelitian dilakukan di dataran tinggi Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, mulai bulan April sampai Agustus 2014. Penelitian menggunakan metode survei dengan pemilihan lokasi dan ketinggian tempat secara *purposive* serta pengambilan sampel tanah dan biji kopi secara acak di masing-masing lokasi. Parameter yang diamati adalah sifat kimia tanah, persentase biji normal, dan berat biji kopi Arabika pada ketinggian tempat 1.000–1.600 m dpl. Data dianalisis menggunakan korelasi. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang nyata antara ketinggian tempat dengan beberapa sifat kimia tanah dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Garut. Semakin tinggi tempat maka semakin meningkat pula sifat kimia tanah seperti pH, C-organik, N-total, Na, dan KTK, tetapi sebaliknya untuk P_2O_5 total. Meningkatnya tinggi tempat dan beberapa sifat kimia tanah tersebut seiring dengan meningkatnya pula persentase biji normal dan berat 100 biji kopi Arabika.

Kata kunci: Kopi Arabika, sifat kimia tanah, ketinggian tempat, biji normal, berat biji

ABSTRACT

Altitude defines the climatic elements which in turn affect the soil chemical properties. Growth, productivity, qualities, and coffee flavor determines by a number of factors, one of which is the chemical properties in the soil. The research aimed to analyze the correlation between altitude, soil chemical properties, and physical quality of Arabica coffee beans in highland areas of Garut. The research was carried out in Garut Regency, West Java, from April to August 2014. The research used survey method with purposive random sampling from selected locations. Parameters observed were soil chemical properties, percentage of normal beans and the beans weight at the altitude of 1.000–1.600 m asl. The data were then analyzed using correlation method. The result showed a significant correlation between altitude with soil chemical properties and Arabica coffee beans physical quality in Garut highlands. The higher the altitude, the higher level of soil chemical properties, such as pH, C-organic, N-total, Na, and KTK, in contrary with total P_2O_5 . Higher altitude and chemical properties inline with higher percentage of normal beans and the weight of 100 Arabica coffee beans.

Keywords: Arabica coffee, soil chemical properties, normal beans, beans weight, altitude

PENDAHULUAN

Pertanaman kopi Arabika di Kabupaten Garut terdapat di kawasan pegunungan dengan ketinggian tempat yang beragam, antara 1.000–1.600 m dpl. Teknologi budi daya tanaman kopi, khususnya

pemupukan, yang diterapkan petani pada umumnya hampir sama di semua lokasi dan ketinggian tempat. Meskipun demikian, mutu fisik biji kopi Arabika yang dihasilkan petani bervariasi antar ketinggian tempat. Beberapa hasil penelitian telah membuktikan pengaruh ketinggian tempat terhadap mutu fisik dan citarasa kopi

(Leonel, Philippe, & Segovia, 2006; Silva, de Queiroz, Ferreira, Corrêa, & Rufino, 2015).

Ketinggian tempat berpengaruh terhadap suhu udara dan curah hujan (Ping *et al.*, 2013; Saeed, Barozai, Ahmad, & Shah, 2014). Semakin tinggi tempat, suhu udara semakin rendah dan curah hujan semakin tinggi serta tanahnya semakin subur (Sari, Santoso, & Mawardi, 2013; Van Beusekom, González, & Riveras, 2015). Perubahan kedua faktor iklim tersebut akan berdampak pada proses dekomposisi bahan organik dan komposisi kimia di dalam tanah serta proses pematangan buah (Somporn, Kamtuo, Theerakulpisut, & Siriamornpun, 2012).

Informasi mengenai sifat kimia tanah dapat dijadikan pedoman dalam pemilihan lokasi penanaman kopi dan menentukan dosis pupuk yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan tanaman (Núñez *et al.*, 2011; Maro, Mrema, Msanya, & Teri, 2013). Dengan demikian, pengelolaan tanaman kopi dapat lebih efisien dan biaya produksi dapat ditekan (Amaral *et al.*, 2011; Hanisch, Dara, Brinkmann, & Buerkert, 2011).

Kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman tergantung pada sifat kimia tanah seperti pH, karbon organik, dan kandungan mineral di dalam tanah (Kufa, 2011). Unsur hara yang tersedia di dalam tanah terdiri dari unsur hara makro, yaitu nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), dan unsur hara mikro, yakni boron (B), seng (Zn), tembaga (Cu), dan besi (Fe). Setiap unsur hara tersebut berperan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kopi (Núñez *et al.*, 2011).

Penelitian bertujuan menganalisis korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Kabupaten Garut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di dataran tinggi Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, mulai bulan April sampai Agustus 2014. Penelitian menggunakan metode survei dengan pemilihan lokasi pengembangan kopi Arabika dan ketinggian tempat secara *purposive* (Tabel 1) serta pengambilan sampel tanah dan biji kopi per lokasi secara acak.

Lokasi penelitian memiliki jenis tanah Andosol dan iklim tipe B (Schmidt & Ferguson, 1951). Sampel tanah diambil dari masing-masing lokasi secara komposit pada kedalaman 0–20 cm di bawah tajuk tanaman kopi. Kultivar kopi Arabika yang terdapat di lokasi penelitian termasuk dalam kelompok *Typica* atau dikenal dengan nama “Kopi Buhun”.

Tabel 1. Lokasi dan ketinggian tempat pengambilan contoh tanah di wilayah Kabupaten Garut

Table 1. The location and altitude of soil sampling in Garut Regency

No.	Lokasi	Ketinggian tempat (m dpl)
1	Tenjonagara	1.000
2	Pangauban	1.150
3	Cikandang	1.200
4	Cibodas	1.253
5	Simpang 1	1.272
6	Simpang 2	1.304
7	Margamulia	1.317
8	Sirnajaya	1.326
9	Sukalilah	1.345
10	Pamalayan	1.371
11	Kerkop	1.400
12	Legok Gede	1.458
13	Kramatwangi 1	1.557
14	Kramatwangi 2	1.600

Sampel tanah dibawa ke laboratorium untuk selanjutnya dianalisis kandungan kemasaman tanah (pH), karbon (C)-organik, nitrogen (N)-total, C/N, P₂O₅ tersedia, kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB). Penetapan nilai pH H₂O menggunakan pH meter. Kandungan C-organik, N-total, dan P₂O₅, masing-masing diukur menggunakan metode Walkey & Black, Kjeldahl, dan Bray I. Kandungan basa dapat ditukarkan (Ca, Mg, K, dan Na) diukur melalui perkolasi amonium asetat 1 M (pH 7), sedangkan KTK melalui destilasi langsung (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Dari masing-masing lokasi juga diambil sampel buah kopi secara acak dan diolah secara basah. Biji kopi yang diperoleh dijemur hingga kadar air 12% (Sumirat, 2008). Peubah yang diamati meliputi persentase biji normal dan berat 100 biji. Data sifat kimia tanah, ketinggian tempat, dan mutu fisik biji kopi selanjutnya dianalisis dengan metode korelasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Ketinggian Tempat dengan Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis menunjukkan nilai pH di lokasi penelitian bervariasi antara 5,30–6,74 dengan kategori masam (M), agak masam (AM), dan netral (N) (Tabel 2). Kemasaman (pH) tanah yang terbaik untuk pertumbuhan dan produksi serta mutu kopi Arabika adalah 5,8–6,2 (Maro, Msanya, & Mrema, 2014) sehingga secara umum tanah di lokasi penelitian sesuai untuk pengembangan tanaman kopi Arabika.

Kemasaman tanah (pH) nyata berkorelasi positif dengan ketinggian tempat (Tabel 4), yaitu nilai pH cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian tempat. Salah satu faktor penyebabnya adalah kandungan bahan organik tanah yang lebih tinggi (Tabel 2). Bahan organik dapat meningkatkan pH tanah yang nilainya sangat tergantung dari kualitas bahan organik (Nazari, Soemarno, & Agustina, 2012; Nigussie & Kissi, 2012).

Peningkatan pH disebabkan adanya proses dekomposisi dari berbagai jenis bahan organik sehingga menghasilkan kation-kation basa. Soepardi (1983) *cited in* Nazari *et al.* (2012) menyatakan bahwa hasil akhir sederhana dari perombakan bahan organik, antara lain berupa kation-kation basa, seperti Ca, Mg, K dan Na. Pelepasan kation-kation basa ke dalam larutan tanah

menyebabkan tanah jenuh dengan kation-kation tersebut dan pada akhirnya meningkatkan pH tanah.

Kandungan C-organik pada ketinggian tempat 1.000–1.326 m dpl termasuk kategori tinggi, sedangkan pada ketinggian 1.345–1.600 m dpl tergolong sangat tinggi (Tabel 2). Ini menunjukkan bahwa daerah pengembangan kopi Arabika tersebut kaya akan bahan organik (Sari, Santoso & Mawardi, 2013). Sumber utama bahan organik adalah serasah/humus yang berasal dari guguran daun dan ranting tanaman kopi serta penaung maupun tanaman lainnya yang jumlahnya cukup melimpah. Menurut Ping *et al.* (2013) curah hujan yang lebih tinggi dan suhu yang lebih rendah di daerah pegunungan akan meningkatkan jumlah serasah/humus yang merupakan sumber utama bahan organik.

Tabel 2. Sifat kimia tanah pada pertanaman kopi Arabika di Garut berdasarkan ketinggian tempat
Table 2. Soil chemical properties in Arabica coffee plantations in Garut based on its altitude

Ketinggian Tempat (m dpl)	pH	Kriteria*	C-organik (%)	Kriteria*	N-total (%)	Kriteria*	P ₂ O ₅ Tersedia (ppm)	Kriteria*
1.000	5,61	AM	4,45	T	0,24	S	77,35	ST
1.150	5,83	AM	4,72	T	0,26	S	77,34	ST
1.200	5,30	M	4,74	T	0,27	S	73,00	ST
1.253	5,47	M	4,75	T	0,29	S	71,20	ST
1.272	5,83	AM	4,76	T	0,33	S	61,50	ST
1.304	5,81	AM	4,90	T	0,35	S	64,40	ST
1.317	5,92	AM	3,29	T	0,23	S	61,50	ST
1.326	6,45	AM	4,91	T	0,43	S	64,30	ST
1.345	6,74	N	5,64	ST	0,49	S	51,70	ST
1.371	6,25	AM	5,86	ST	0,52	T	48,10	ST
1.400	5,40	M	6,50	ST	0,53	T	55,80	ST
1.458	6,09	AM	6,85	ST	0,54	T	55,01	ST
1.557	6,60	N	7,83	ST	0,56	T	42,60	ST
1.600	6,61	N	7,84	ST	0,56	T	41,70	ST

Ketinggian Tempat (m dpl)	Basa dapat ditukarkan (cmol(+)/kg								KTK (cmol(+)/kg)	Kriteria*
	K	Kriteria*	Ca	Kriteria*	Mg	Kriteria*	Na	Kriteria*		
1.000	0,82	T	20,54	ST	3,45	T	0,23	R	25,15	T
1.150	0,32	R	19,14	T	2,77	T	0,25	R	22,20	S
1.200	0,98	T	16,40	T	2,12	T	0,47	S	35,29	T
1.253	0,99	T	16,41	T	2,12	T	0,45	S	35,30	T
1.272	1,53	ST	23,33	ST	4,02	T	0,22	R	34,40	T
1.304	0,34	R	17,03	T	2,05	T	0,33	R	44,91	ST
1.317	1,32	ST	23,26	ST	4,03	T	0,41	S	51,80	ST
1.326	0,24	R	12,30	T	5,52	T	0,55	S	51,82	ST
1.345	0,22	R	11,25	T	0,87	R	0,37	R	34,90	T
1.371	0,23	R	11,27	T	0,88	R	0,36	R	34,91	T
1.400	1,02	ST	27,78	ST	6,62	T	0,88	T	63,80	ST
1.458	1,05	ST	27,77	ST	6,60	T	0,87	T	63,82	ST
1.557	0,33	R	17,74	T	5,94	T	0,62	S	65,77	ST
1.600	1,45	ST	17,61	T	3,51	T	0,71	S	64,95	ST

Keterangan : AM = agak masam, M = masam, N = netral, R = rendah, S = sedang, T = tinggi, ST = sangat tinggi (* = Balai Penelitian Tanah, 2009)

Notes : AM = slightly acidic, M = acidic, N = neutral, R = low, S = medium, T = high, ST = very high (* = Soil Research Institute, 2009)

Tabel 3. Mutu fisik biji kopi Arabika di Garut berdasarkan ketinggian tempat
Table 3. Physical quality of Arabica coffee beans in Garut based on its altitude

Ketinggian tempat (m dpl)	Biji normal (%)	Berat 100 biji (g)
1.000	57,42	15,39
1.150	67,45	18,73
1.200	69,86	16,78
1.253	75,00	18,60
1.272	62,92	19,02
1.304	72,68	18,73
1.317	81,12	22,36
1.326	81,52	22,77
1.345	83,16	20,20
1.371	89,98	22,77
1.400	92,86	23,23
1.458	94,44	23,01
1.557	92,86	24,18
1.600	98,26	24,49

Berdasarkan hasil analisis, kandungan C-organik tanah nyata berkorelasi positif dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Pada daerah yang lebih tinggi proses dekomposisi serasah berjalan lambat sehingga terjadi akumulasi C-organik di dalam tanah (Bhattacharyya *et al.*, 2008 cited in Charan *et al.*, 2013; Kidanemariam *et al.*, 2012). Hasil penelitian serupa juga dilaporkan oleh Kidanemariam *et al.* (2012) di wilayah Ethiopia, serta Sari *et al.* (2013) dan Sipahutar, Marbun, & Fauzi (2014) di dataran tinggi Sumatera Utara.

Hasil analisis menunjukkan kandungan N-total pada ketinggian 1.000-1.345 m dpl termasuk dalam kategori sedang (S), sedangkan pada ketinggian 1.371-1.600 m dpl termasuk kategori tinggi (T) (Tabel 2). Korelasi positif nyata terlihat antara kandungan N-total dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Ini berarti bahwa kandungan N-total cenderung naik seiring dengan bertambahnya ketinggian tempat. Kandungan N di dalam tanah selain ditentukan oleh ketersediaan N-total, juga dipengaruhi oleh kandungan bahan organik di dalam tanah (Rusdiana & Lubis, 2012). Beberapa peneliti melaporkan bahwa kandungan bahan organik (C-organik) yang tinggi dapat meningkatkan proses nitrifikasi sehingga kandungan N meningkat (Kidanemariam *et al.*, 2013; Purwanto, Hartati, & Istiqomah, 2014; Sipahutar *et al.*, 2014).

Nilai P_2O_5 pada semua ketinggian tempat, berdasarkan hasil analisis, termasuk kategori sangat tinggi (ST). Menurut Sukarman & Dariah (2014), tanah Andosol di Indonesia mempunyai kandungan P_2O_5 tersedia yang sangat tinggi, yaitu 32–313 ppm dengan nilai rata-rata 152 ppm. Begitu juga menurut Sari *et al.* (2013), P_2O_5 tersedia mencapai 70 ppm pada tanah Andosol di Ijen-Raung, Jawa Timur.

Nilai P_2O_5 tersedia berkorelasi negatif dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Hasil tersebut menunjukkan bahwa P_2O_5 tersedia nilainya menurun dengan meningkatnya ketinggian tempat. Hasil penelitian ini serupa dengan yang dilaporkan oleh Sari *et al.* (2013), Vincent, Sundqvist, Wardle, & Giesler (2014), dan Sipahutar *et al.* (2014). Suhu udara yang lebih tinggi dapat menstimulasi aktivitas mikroba dan kandungan P_2O_5 tersedia di dalam tanah, meningkatkan mineralisasi mikroba dan serapan P_2O_5 oleh tanaman sehingga dapat meningkatkan akselerasi siklus P_2O_5 serta kandungan P_2O_5 tersedia cenderung lebih tinggi (Rui, Wang, Chen, Zhou, & Wang, 2012).

Kation basa Na nyata berkorelasi positif dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Pada tempat yang lebih tinggi, kandungan bahan organiknya lebih tinggi dibandingkan dengan tempat yang lebih rendah (Tabel 2). Kandungan Na nyata dipengaruhi oleh C-organik. Perombakan bahan organik tersebut akan menghasilkan kation basa, di antaranya Na (Soepardi, 1983 cited in Nazari, Soemarno, & Agustina, 2012; Nigussie, Kissi, Misganaw, & Ambaw, 2012).

Nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah berkorelasi positif dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Diduga, semakin meningkat ketinggian tempat, kerapatan vegetasinya juga semakin besar sehingga menyumbang bahan organik lebih banyak (Sari *et al.*, 2013). Koloid organik ini juga memiliki daya jerap kation lebih besar daripada koloid liat sehingga penambahan bahan organik ke tanah dapat meningkatkan nilai KTK tanah (Kufa, 2011; Nazari *et al.*, 2012; Kilambo *et al.*, 2015).

Tabel 4. Korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika
Table 4. Correlation between altitude, soil chemical properties, and physical quality of Arabica coffee beans

Parameter	pH	C- organik	N-total	P ₂ O ₅ total	K	Ca	Mg	Na	CTK	Biji Normal	Berat 100 biji
Ketinggian Tempat	0,62*	0,80**	0,85**	-0,92**	0,09	0,04	0,37	0,70**	0,85**	0,91**	0,90**
Biji Normal	0,54*	0,87**	0,87**	-0,85**	-0,02	0,04	0,36	0,81**	0,82**	-	-
Berat 100 biji	0,61*	0,79**	0,79**	-0,84**	0,01	0,09	0,50	0,69**	0,83**	-	-

Keterangan : * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%

Notes : * and ** significant at 5% and 1% levels respectively

Korelasi antara Ketinggian Tempat, Sifat Kimia Tanah, dan Mutu Fisik Biji Kopi

Mutu fisik biji kopi di antaranya ditentukan oleh persentase biji normal dan berat biji yang juga menentukan tingkat produktivitas dan harga kopi di pasaran. Mutu yang baik akan menghasilkan produktivitas dan nilai jual yang tinggi. Mutu fisik biji kopi dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan tumbuh (Sumirat, 2008; Nugroho, Mawardi, Yusianto, & Arimersetiowati, 2012). Faktor lingkungan tumbuh tanaman meliputi kandungan unsur hara tanah dan ketinggian tempat termasuk ke dalam.

Persentase biji normal di lokasi penelitian bervariasi antara 57,42%–98,26% dan berat 100 biji kopi Arabika bervariasi antara 15,39–24,49 g (Tabel 3). Persentase biji normal di atas 80% tergolong tinggi (Hulupi, Mawardi, & Yusianto, 2012). Biji kopi yang diambil dari ketinggian tempat 1.317–1.600 m dpl memenuhi kriteria tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketinggian tempat berkorelasi positif dengan mutu fisik biji kopi (Tabel 4). Semakin tinggi tempat/lokasi maka mutu fisik biji kopi (persentase biji normal dan berat 100 biji) semakin baik. Laporan Da Silva *et al.* (2005) juga menunjukkan bahwa berat 100 biji kopi meningkat dengan bertambahnya ketinggian tempat. Suhu yang lebih rendah pada tempat yang lebih tinggi akan memperlambat proses pematangan buah kopi sehingga pembentukan biji kopi lebih sempurna dan lebih berisi (berat) (Bote & Struik, 2011; Bertrand *et al.*, 2011; Somporn *et al.*, 2012). Hasil analisis korelasi sifat kimia tanah dengan ketinggian tempat juga mengindikasikan bahwa semakin tinggi tempat, semakin baik sifat kimia tanah sehingga mutu dan produksi biji juga akan lebih baik.

Kondisi tanah yang asam (pH di bawah 5) dapat meningkatkan kandungan aluminium trivalen (Al³⁺) (Lidon & Barreiro, 2002 *cited in* Cyamweshi *et al.*, 2014) yang dapat meracuni tanaman (Hoshino *et al.*, 2000 *cited in* Cyamweshi *et al.*, 2014). Kehadiran

unsur tersebut mempengaruhi proses fisiologis dan biokimia di dalam jaringan tanaman sehingga produktivitas berkurang (Mora *et al.*, 2006 *cited in* Cyamweshi *et al.*, 2014). Keberadaan Al pada tanah asam membuat beberapa nutrisi penting seperti P, Ca, dan Mg menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Unsur Al dapat menghambat perkembangan dan fungsi akar sehingga berdampak negatif terhadap produktivitas tanaman (Obiri-Nyarko, 2011). Salah satu cara untuk menaikkan pH tanah ialah dengan pengapuran. Cyamweshi *et al.* (2014) melaporkan pengapuran dengan dosis 1,25 ton/ha dapat meningkatkan pH tanah sebesar 16,60% dan meningkatkan produksi kopi 60,53%.

Persentase biji normal dan berat 100 biji kopi Arabika berkorelasi positif dengan pH tanah (Tabel 3). Clemente, Martinez, Alves, & Lara (2013) dan Kilambo *et al.* (2015) melaporkan bahwa pH tanah selain berpengaruh terhadap produktivitas dan citarasa juga menentukan kualitas biji kopi Arabika. C-organik tanah dan kandungan N juga berkorelasi positif dengan persentase biji normal dan berat 100 biji (Tabel 4). Menurut Maro *et al.* (2014) untuk tumbuh dan berproduksi optimal tanaman kopi memerlukan bahan organik (C-organik) di atas 2%. Kandungan C-organik tanah di daerah dataran tinggi Garut juga sesuai dengan kebutuhan kopi Arabika (Tabel 2).

Untuk tumbuh dan berproduksi optimal tanaman kopi Arabika juga memerlukan unsur N dengan kadar di atas 0,12% (Maro *et al.*, 2014). Pasokan N yang cukup akan meningkatkan jumlah cabang plagiotrop (cabang produksi), luas daun, dan produksi pati, serta karbohidrat lainnya yang berperan dalam pembentukan dan pertumbuhan biji kopi (Guimarães & Mendes, 1997 *cited in* Clemente *et al.*, 2013). Selain itu, unsur hara N berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan kandungan kafein dalam jaringan tanaman kopi.

Tanaman kopi Arabika di daerah pegunungan Garut sudah tidak perlu diberi unsur P karena tanahnya sudah mengandung unsur P_2O_5 tersedia yang sangat tinggi (Tabel 2). Kandungan unsur P_2O_5 tersedia yang diperlukan oleh tanaman kopi Arabika di atas 30 ppm (Maro *et al.*, 2014). Hasil uji korelasi menunjukkan kandungan P_2O_5 berkorelasi negatif dengan persentase biji normal dan berat 100 biji di daerah dataran tinggi Garut (Tabel 4), artinya peningkatan kadar P_2O_5 cenderung berisiko terhadap mutu fisik kopi.

Unsur P sangat diperlukan pada awal perkembangan tanaman dan menentukan produktivitas tanaman kopi (Silva & Lima, 2014; Dias, Neto, Guimarães, Reis, & de Oliveira, 2015). Keberadaannya dalam jaringan tanaman mempengaruhi penyerapan unsur penting lain yang menentukan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi selanjutnya (Silva, Lima, & Bottega, 2013). Namun, kandungan P yang berlebih (sangat tinggi) seperti di lokasi penelitian (Tabel 2) akan mempercepat proses pematangan buah sehingga pengisian biji tidak optimal, akibatnya ukuran biji mengecil dan beratnya berkurang (Somporn *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2015).

Batas kritis unsur hara K, Ca, dan Mg di dalam tanah untuk tanaman kopi masing-masing adalah 0,4; 0,89; 0,8 cmol/kg (Iloyanomon, Daniel, & Aikpokpodion, 2011). Kandungan kation-kation basa (K, Ca, dan Mg) di daerah pegunungan Garut (Tabel 2) sudah sesuai untuk tanaman kopi Arabika, kecuali kandungan K di ketinggian tempat 1.150, 1.304, 1.326, 1.345, 1.371, dan 1.557 m dpl yang nilainya di bawah batas kritis. Untuk meningkatkan kandungan unsur K di lokasi-lokasi tersebut di antaranya dapat dilakukan dengan pemberian pupuk KCl.

Unsur K memainkan peran penting dalam sintesis protein, karbohidrat, dan adenosin trifosfat (ATP), pengaturan tekanan osmotik, serta toleransi terhadap hama dan penyakit melalui efek daya tahan dan permeabilitas membran plasma (Marschner, 2012 *cited in* Moura *et al.*, 2015). Selain itu, unsur K juga berperan dalam reproduksi tanaman kopi, terutama pada hasil dan ukuran biji (Clemente *et al.*, 2013), menentukan kualitas citarasa dengan mengaktifkan enzim polifenol oksidase serta menentukan kandungan kafein dan fenol dalam biji kopi (Gonthier, Witter, Sponberg, & Philpott, 2011; Clemente *et al.*, 2013; Mancuso, Soratto, Crusiol, & Castro, 2014; Clemente, Martinez, Alves, Finger, & Cecon, 2015).

Unsur kalsium (Ca) berpengaruh terhadap produksi buah dan citarasa kopi. Semakin tinggi kandungan Ca maka produksinya semakin tinggi dan citarasa semakin baik (Castro-Tanzia, Dietsch, Ureana, Vindasa, & Chandler, 2012; Silva *et al.*, 2013). Kekurangan unsur Mg akan mendorong terjadinya

gugur daun sehingga berpengaruh langsung terhadap sintesis klorofil, reaksi fitokimia, dan fungsi stomata, akibatnya pertumbuhan tanaman kopi terhambat (Da Silva *et al.*, 2014).

Unsur Na nyata berkorelasi positif dengan persentase biji normal dan berat 100 biji (Tabel 4). Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi unsur Na maka kualitas biji kopi semakin baik. Di lokasi penelitian kandungan Na umumnya tergolong rendah sampai sedang dan Ca tergolong tinggi sampai sangat tinggi (Tabel 2), kondisi ini sesuai untuk tanaman kopi. Walaupun kandungan Na yang tinggi dapat meningkatkan salinisasi tanah sehingga dapat mengakibatkan produksi kopi berkurang (Ferreira *et al.*, 2011), jika terdapat Ca yang cukup maka tanaman akan terlindungi dari cekaman akibat unsur Na (Jouyban, 2012; Chemura, Kutywayo, Chagwasha, & Chidoko, 2014).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa KTK berpengaruh nyata terhadap mutu fisik biji kopi. Nilai KTK di lokasi penelitian sesuai untuk tanaman kopi karena untuk tumbuh dan berproduksi optimal tanaman kopi memerlukan nilai KTK di atas 15 me/100 g (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014). Pada Tabel 4, terlihat bahwa terdapat korelasi yang nyata dengan indeks positif antara KTK dengan persentase biji normal dan berat 100 biji.

KESIMPULAN

Terdapat korelasi yang nyata antara ketinggian tempat dengan beberapa sifat kimia tanah dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Garut. Semakin tinggi tempat maka semakin meningkat pula sifat kimia tanah seperti pH, C-organik, N-total, Na, dan KTK, tetapi sebaliknya untuk P_2O_5 total. Meningkatnya tinggi tempat dan beberapa sifat kimia tanah tersebut dapat meningkatkan pula mutu biji fisik kopi Arabika yang meliputi persentase biji normal dan berat 100 biji.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Dinas Perkebunan Kabupaten Garut beserta staf yang telah memberikan dukungan informasi untuk kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaral, J.F.T., Martinez, H.E.P., Laviola, B.G., Tomaz, M.A., Filho, E.I.F., & Cruz, C.D. (2011). Productivity and efficiency of nutrient use in coffee crops. *Coffee Science, Lavras*, 6(1), 65–74.

- Balai Penelitian Tanah. (2009). *Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk* (p. 234). Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Bertrand, B., Alpizar, E., Lara, L., SantaCrea, R., Hidalgo, M., Quijano, J.M., ... Etienne, H. (2011). Performance of *Coffea arabica* F1 hybrids in agroforestry and full-sun cropping systems in comparison with American pure line cultivars. *Euphytica*, 181, 147–158.
- Bote, A.D., & Struik, P.C. (2011). Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. *Journal of Horticulture and Forestry*, 3(11), 336–341.
- Castro-Tanzia, S., Dietsch, T., Urenaa, N., Vindasa, L., & Chandler, M. (2012). Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems, and Environment*, 155, 172–181.
- Charan, G., Bharti, V. K., Jadhav, S.E., Kumar, S., Acharya, S., Kumar, P., ... Srivastava, R.B. (2013). Altitudinal variations in soil physico-chemical properties at cold desert high altitude. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(2), 267–277.
- Chemura, A., Kutwayo, D., Chagwesha, T.M., & Chidoko, P. (2014). An assessment of irrigation water quality and selected soil parameters at mutema irrigation scheme, Zimbabwe. *Journal of Water Resource and Protection*, 6, 132–140.
- Clemente, J.M., Martinez, H.E.P., Alves, L.C., & Lara, M.C.R. (2013). Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. *Rev. Ceres. Viçosa*, 60(2), 279–285.
- Clemente, J.M., Martinez, H.E.P., Alves, L.C., Finger, F.L., & Cecon, P.R. (2015). Effects of nitrogen and potassium on the chemical composition of coffee beans and on beverage quality. *Maringá*, 37(3), 297–305.
- Cyamweshi, R.A., Nabahungu, N.L., Mukashema, A., Ruganzu, V., Gatarayiha, M.C., Nduwumuremyi, A., & Mbonigaba, J.J. (2014). Enhancing nutrient availability and coffee yield on acid soils of the central plateau of Southern Rwanda. *Global Journal of Agricultural Research*, 2(2), 44–55.
- Da Silva, E.A., Mazzafera, P., Brunini, O., Sakai, E., Arruda, F.B., Mattoso, L.H.C., ... Pires, R.C.M. (2005). The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17, 229–238.
- Da Silva, D.M., Brandão, I.R., Alves, J.D., de Santos, M.O., de Souza, K.R.D., & de Silveira, H.R.O. (2014). Physiological and biochemical impacts of magnesium deficiency in two cultivars of coffee. *Plant and Soil*, 382(1), 133–150.
- Dias, K.G de L., Neto, A.E.F., Guimarães, P.T.G., Reis, T.H.P., & de Oliveira, C.H.C. (2015). Coffee yield and phosphate nutrition provided to plants by various phosphorus sources and levels. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, 39(2), 110–120.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Pedoman teknis budidaya kopi yang baik* (p. 60). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Ferreira, D.C., de Souza, J.A.R., Batista, R.O., Campos, C.M.M., Matangue, M.T.A., & Moreira, D.A. (2011). Nutrient inputs in soil cultivated with coffee crop fertigated with domestic sewage. *Revista Ambiente and Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(3), 77–85.
- Gonthier, D.J., Witter, J.D., Spongberg, A.L., & Philpott, S.M. (2011). Effect of nitrogen fertilization on caffeine production in coffee (*Coffea arabica*). *Chemoecology*, 21, 123–130.
- Hanisch, S., Dara, Z., Brinkmann, K., & Buerkert, A. (2011). Soil fertility and nutrient status of traditional Gayo coffee agroforestry systems in the Takengon region, Aceh Province, Indonesia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 112(2), 87–100.
- Hulupi, R., Mawardi, S., & Yusianto. (2012). Pengujian sifat unggul beberapa klon harapan kopi arabika di kebun percobaan Andungsari, Jawa Timur. *Pelita Perkebunan*, 28(2), 62–71.
- Iloyanomon, C.I., Daniel, M.A., & Aikpokpodion, P.E. (2011). Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea canephora*) plantations of different ages in Ibadan, Nigeria. *J. Soil Nature*, 5(1), 17–21.
- Jouyban, Z. (2012). The effects of salt stress on plant growth. *Tech. J. Engin. & App. Sci.*, 2(1), 7–10.
- Kidanemariam, A., Gebrekidan, H., Mamo, T., & Kibret, K. (2012). Impact of altitude and land use type on some physical and chemical properties of acidic soils in Tsegede Highlands, Northern Ethiopia. *Open Journal of Soil Science*, 2, 223–233.
- Kilambo, Deusedit, L., Mlwilo, Bahati, L., Mtenga, Damian, J., ... Godstein, P. (2015). Effect of soils properties on the quality of compact Arabica hybrids in Tanzania. *American Journal of Research Communication*, 3(1), 15–19.
- Kufa, T. (2011). Chemical properties of wild coffee forest soils in Ethiopia and management implications. *Agricultural Sciences*, 2(4), 443–450.
- Leonel, L., Philippe, V., & Segovia, N. (2006). *Effects of altitude, shade, yield and fertilization on coffee quality (Coffea arabica L. var. Caturra) produced in agroforestry systems of the Northern Central Zones of Nicaragua*. Presented at 2nd International Symposium on Multi-Strata Agroforest.
- Mancuso, M.A.C., Soratto, R.P., Crusciol, C.A.C., & Castro, G.S.A. (2014). Effect of potassium sources and rates on arabica coffee yield, nutrition, and macronutrient export. *R. Bras. Ci. Solo*, 38, 1448–1456.
- Maro, G.P., Mrema, J.P., Msanya, B.M., & Teri, J.M. (2013). Farmers' perception of soil fertility problems and their attitudes towards integrated soil fertility management for coffee in Northern Tanzania. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 4(5), 93–99.
- Maro, G., Msanya, B., & Mrema, J. (2014). Soil fertility evaluation for coffee (*Coffea arabica*) in Hai and Lushoto Districts, Northern Tanzania. *International Journal of Plant and Soil Science*, 3(8), 934–947.
- Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Machado, L.S., Brinate, S.V.B., Colodetti, T.V., Amaral, J.F.T., & Tomaz, M.A. (2015). Evidence of genetic tolerance to low availability of phosphorus in the soil among genotypes of *Coffea canephora*. *Genetics and Molecular Research*, 14(3), 10576–10587.

- Moura, W.M., Soares, Y.J.B., Júnior, A.T.A., de Lima, P.C., Martinez, H.E.P., Amaral, G.A., & Gravina. (2015). Genetic diversity in arabica coffee grown in potassium-constrained environment. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, 39(1), 23–31.
- Nazari, Y.A., Soemarno, & Agustina, L. (2012). Pengelolaan kesuburan tanah pada pertanaman kentang dengan aplikasi pupuk organik dan anorganik. *Indonesian Green Technology Journal*, 1(1), 7–12.
- Nigussie, A., Kissi, E., Misganaw, M., & Ambaw, G. (2012). Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of lettuces (*Lactuca sativa*) grown in chromium polluted soils. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12(3), 369–376.
- Nigussie, A., & Kissi, E. (2012). The contribution of coffee agroecosystem to soil fertility in Southwestern Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 7(1), 74–81.
- Nugroho, D., Mawardi, S., Yusianto, & Arimersetiawati, R. (2012). Karakterisasi mutu fisik dan cita rasa biji kopi Arabika varietas Maragogip (*Coffea arabica* L. var. Maragotype Hort. ex Froehner) dan seleksi pohon induk di Jawa Timur. *Pelita Perkebunan*, 28(1), 1–13.
- Núñez, P.A., Pimentel, A., Almonte, I., Sotomayor-Ramírez, D., Martínez, N., Pérez, A., & Céspedes, C.M. (2011). Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea* spp.) production systems and management recommendations for the Barahona Province, Dominican Republic. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 11(1), 127–140.
- Obiri-Nyarko, F. (2011). Ameliorating soil acidity in Ghana: A concise review of approaches. *ARP Journal of Science and Technology*, 2, 142–154.
- Ping, C., Gary, J., Michaelson, Cynthia, A., Stiles, & González, G. (2013). Soil characteristics, carbon stores, and nutrient distribution in eight forest types along an elevation gradient, eastern Puerto Rico. *Ecological Bulletins*, 54, 67–86.
- Purwanto, Hartati, S., & Istiqomah, S. (2014). Pengaruh kualitas dan dosis seresah terhadap potensial nitrifikasi tanah dan hasil jagung manis. *Sains Tanah-Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 11(1), 11–20.
- Rui, Y.C., Wang, Y.F., Chen, C.R., Zhou, X.Q., & Wang, S.P. (2012). Warming and grazing increase mineralization of organic P in an alpine meadow ecosystem of Qinghai-Tibet Plateau, China. *Plant and Soil*, 357, 73–87.
- Rusdiana, O., & Lubis, R.S. (2012). Pendugaan korelasi antara karakteristik tanah terhadap cadangan karbon (carbon stock) pada hutan sekunder. *Jurnal Silviculture Tropika*, 1, 14–21.
- Saeed, S., Barozai, M.Y.K., Ahmad, A., & Shah, S.H. (2014). Impact of altitude on soil physical and chemical properties in Sra Ghurgai (Takatu mountain range) Quetta, Balochistan. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(3), 730–735.
- Sari, N.P., Santoso, T.I., & Mawardi, S. (2013). Sebaran tingkat kesuburan tanah pada perkebunan rakyat kopi Arabika di dataran tinggi Ijen-Raung menurut ketinggian tempat dan tanaman penanang. *Pelita Perkebunan*, 29(2), 93–107.
- Schmidt, F.H., & Ferguson, J.H.A. (1951). *Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea* (p. 77). Djakarta: Kementerian Perhubungan, Djawatan Meteorologi dan Geofisik/Verhandelingen.
- Silva, S.A., Lima, J.S.S., & Bottega, E.L. (2013). Yield mapping of arabic coffee and their relationship with plant nutritional status. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(3), 556–564.
- Silva, S.A., & Lima, J.S.S. (2014). Spatial estimation of foliar phosphorus indifferent species of the genus *coffea* based on soil properties. *R. Bras. Ci. Solo*, 38, 1439–1447.
- Silva, S. de A., de Queiroz, D. M., Ferreira, W. P. M., Corrêa, P. C., & Rufino, J. L. dos S. (2015). Mapping the potential beverage quality of coffee produced in the Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 3098–3108. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7485>
- Sipahutar, A.H., Marbun, P., & Fauzi. (2014). Kajian C-organik, N dan P humitropepts pada ketinggian tempat yang berbeda di Kecamatan Lintong Nihuta. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4), 1332–1338.
- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P., & Siriamornpun, S. (2012). Effect of shading on yield, sugar content, phenolic acids and antioxidant property of coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor) harvested from north-eastern Thailand. *J. Sci. Food Agric.*, 92(9), 1956–1963.
- Sukarman, & Dariah, A. (2014). *Tanah andosol di Indonesia: Karakteristik, potensi, kendala, dan pengelolaannya untuk pertanian* (p. 144). Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sumirat, U. (2008). Dampak kemarau panjang terhadap perubahan sifat biji kopi Robusta (*Coffea canephora*). *Pelita Perkebunan*, 24(2), 80–94.
- Van Beusekom, A.E., González, G., & Rivera, M.M. (2015). Short-term precipitation and temperature trends along an elevation gradient in Northeastern Puerto Rico. *Earth Interactions*, 19(3), 1–33.
- Vincent, A.G., Sundqvist, M.K., Wardle, D.A., & Giesler, R. (2014). Bioavailable soil phosphorus decreases with increasing elevation in a subarctic tundra landscape. *PLoS ONE*, 9(3), 1–11.