

EVALUASI KRITERIA KESESUAIAN LAHAN KOPI ARABIKA GAYO 2 DI DATARAN TINGGI GAYO

Evaluation Criteria of Land Suitability to Arabica Gayo 2 coffee in the Gayo Highlands

Reza Salima¹⁾, Abubakar Karim²⁾, dan Sugianto³⁾

¹⁾ Politeknik Venuzuela, Blang Bintang Kabupaten Aceh Besar, Email: eza.100584@gmail.com
^{2&3)} Fakultas Pertanian Unsyiah, Jln Tgk. Hasan Krueng Kalee No. 3 Darussalam Banda Aceh 23111

Naskah diterima 3 Januari 2012, disetujui 24 Februari 2012

Abstract. Nowadays, coffee development policy is directed at production increasing and physical quality of coffee bean. To reach the best production and physical quality of Arabica coffee bean, the cultivation should be conducted on suitable land and follow the requirement for each variety of Arabica coffee. This research is conducted to evaluate the criteria of the land suitability for Arabica Gayo 2 coffee, and to define the land characteristic based on climate and soil that can affect the physical quality of Arabica Gayo 2 coffee bean. This research is treated by using survey method with descriptive analysis and soil sample analysis in the laboratory that taken from each observation site. The observation sites are examined based on altitude and slope of the land. Soil samples were analyzed about the physical and chemical characteristic of the soil. Characteristic and quality of the land from each observation sites were compared with criteria of Arabica coffee land suitability. Meanwhile, to observe the relationship between land characteristic and Arabica Gayo 2 is conducted by multiple linear correlation analysis. The results show that all of the observation sites have actual land suitability class S3 (represented marginally) and S2 (represented enough) with factors of land altitude limiting, land slope, and soil chemical properties. Potential land suitability class of S2 is represented enough with factors of land altitude limiting, land slope, rooting media (effective depth), soil texture, stone surface, and nutrient availability. Potential land suitability class of S3 is represented marginally with land limiting altitude factor. The highest of production average is obtained at Potential land suitability class of S2 with the highest production at land altitude > 1400 meters above sea level and slope < 40%.

Abstrak. Saat ini kebijaksanaan pengembangan kopi diarahkan pada peningkatan produksi dan kualitas fisik biji kopi. Untuk mendapatkan produksi dan kualitas fisik biji yang baik maka penanaman kopi Arabika harus dilakukan pada lahan-lahan yang sesuai dan memenuhi persyaratan bagi masing-masing varietas kopi Arabika. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kriteria kesesuaian lahan kopi Arabika Gayo 2 serta menetapkan karakteristik lahan berdasarkan iklim dan tanah yang menentukan kualitas fisik biji kopi Arabika Gayo 2. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode survei dengan analisis deskriptif serta analisis contoh tanah di laboratorium yang diambil dari masing-masing tapak pengamatan. Tapak pengamatan yang diperiksa dibuat berdasarkan ketinggian tempat dan kemiringan lereng. Sampel tanah yang dianalisis adalah fisik dan kimia tanahnya. Karakteristik dan kualitas lahan dari masing-masing tapak pengamatan dibandingkan dengan kriteria kesesuaian lahan kopi Arabika. Sedangkan untuk melihat hubungan antar karakteristik lahan dan antara karakteristik lahan dengan produksi kopi Arabika Gayo 2 dilakukan analisis korelasi linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua satuan lahan pengamatan mempunyai kelas kesesuaian lahan aktual S3 (sesuai marginal) dan S2 (cukup sesuai) dengan faktor pembatas ketinggian tempat, lereng dan sifat kimia tanah. Kelas kesesuaian lahan potensial adalah S2 (cukup sesuai) dengan faktor pembatas ketinggian tempat, lereng, media perakaran (kedalaman efektif), tekstur tanah, batu permukaan serta ketersediaan hara dan S3 (sesuai marginal) dengan faktor pembatas ketinggian tempat. Rata-rata produksi tertinggi diperoleh pada kelas kesesuaian lahan potensial S2 (sesuai) dengan produksi paling tinggi pada ketinggian tempat > 1.400 m dpl dan lereng < 40 %.

Kata Kunci: kesesuaian lahan, kopi Arabika, Gayo 2

PENDAHULUAN

Permintaan kopi dunia saat ini diperkirakan rata-rata sebesar 5,8 juta ton per tahun dan akan terus mengalami peningkatan sebesar 0,5% per

tahun sampai 5 tahun ke depan. Menurut data Specialty coffee association of America (SCAA) kecenderungan konsumsi kopi 60% dari populasi pertumbuhan orang dewasa di negara konsumen seperti Jerman, Belanda,

Inggris, Itali, Amerika dan Jepang (SCAA, 2005).

Indonesia merupakan salah satu negara produsen kopi di dunia, setiap tahun Indonesia mengekspor kopi sebesar 11% atau setara dengan 600 ribu ton per tahun. Untuk memenuhi kebutuhan ekspor tersebut Indonesia mengandalkan provinsi-provinsi penghasil kopi terbesar di Indonesia, salah satunya adalah Provinsi Aceh yang merupakan penyumbang lebih dari 26% produksi kopi Arabika Nasional (AEKI, 2007).

Pada tahun 2008 lalu, telah dievaluasi citarasa sembilan varietas kopi Arabika pada ketinggian tempat dan cara pengolahan yang berbeda di Dataran Tinggi Gayo (Mawardi, et al., 2008). Dari evaluasi sembilan varietas tersebut ditemukan tiga varietas yang mempunyai rasa unik/khas dan direkomendasikan untuk dikembangkan berdasarkan ketinggian tempatnya, yaitu Gayo 2 yang selanjutnya akan disebut dengan Kopi Gayo 2 (> 1.400 m dpl), P-88 (1.250 – 1.400 m dpl), dan Tim-Tim (< 1.250 m dpl).

Kopi Arabika Varietas Gayo 2 memiliki tipe pertumbuhan tinggi melebar dengan perdu yang kokoh, sedangkan buah merahnya berbentuk agak bulat dan berwarna merah muda dengan mutu fisik biji yang baik dan tahan terhadap penyakit karat daun. Sedangkan duduk dompolan buah Gayo 2 dalam setiap ruas mirip tetuanya Arabusta (Hulupi, 2008).

Sebelum melakukan pengembangan atau perluasan areal kopi Arabika perlu terlebih dahulu dilakukan survai untuk mengetahui tingkat kelayakan teknis dan kelayakan usaha atau ekonomi. Kelayakan teknis dalam bentuk mengetahui kelas kesesuaian lahan kopi Arabika (Wibawa, 1996). Kesesuaian lahan, mencakup kesesuaian iklim dan tanah. Kesesuaian iklim dapat diidentifikasi dari ketinggian tempat di atas permukaan laut, karena ketinggian tempat di atas permukaan laut secara umum menentukan unsur iklim terutama suhu. Sedangkan kesesuaian tanah dapat diidentifikasi dari kemiringan lereng, karena lereng berkaitan dengan tindakan pengelolaan dan konservasi, kesuburan tanah dan jarak tanam. Untuk mendapatkan penggunaan lahan yang optimal dan berkelanjutan, maka persyaratan dan pembatas pertumbuhan kopi Arabika Gayo 2 harus ditetapkan terlebih dahulu. Tahap berikutnya membandingkannya dengan kualitas lahan masing-masing satuan lahan pengamatan,

sehingga didapat kelas kesesuaian lahan secara fisik. Perbandingan ini dilakukan untuk dapat menaksir pertumbuhan kopi Arabika Gayo 2 dan melakukan perbaikan yang diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengevaluasi kriteria kesesuaian lahan kopi Arabika Gayo 2
2. Menetapkan karakteristik lahan (iklim dan tanah) yang menentukan kualitas fisik (size) biji kopi Arabika Gayo 2.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada perkebunan kopi rakyat di empat ketinggian tempat dan lima kelas lereng di Dataran Tinggi Gayo Kabupaten Bener Meriah Provinsi Aceh. Penelitian telah dilaksanakan sejak bulan Juni 2010 sampai dengan Maret 2011. Waktu pelaksanaan penelitian ini disesuaikan dengan jadwal panen kopi di Kabupaten Bener Meriah.

Metode yang digunakan penelitian ini adalah metode survei dengan analisis deskriptif. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lahan dan wawancara dengan petani, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait dan studi kepustakaan. pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan :

Persiapan

Menentukan tapak (site) pengamatan sementara, dengan cara tumpang tindih (*overlay*) peta ketinggian tempat dengan peta lereng, ketinggian tempat. Masing-masing kelas ketinggian tempat adalah : <1.000 mdpl, 1.000 – 1.200 mdpl, 1.200 – 1.400 mdpl dan >1400 mdpl, sedangkan peta lereng yang terdiri dari 5 kelerengan yaitu : 0-8%, 8-15%, 15-35%, 35-40% dan >40%, hasil tumpang tindih ini diperoleh sebanyak $4 \times 5 = 20$ tapak (site) pengamatan.

Tapak (site) pengamatan sementara ini dicek kebenarannya di lapangan pada saat survei awal lapangan dengan memakai alat GPS (untuk menentukan posisi di lapangan berdasarkan SPL sementara), Altimeter (untuk mengukur ketinggian tempat) dan Abney level (untuk mengukur kemiringan lereng). Pengukuran ini dilakukan bila di lapangan ditemui kopi Arabika Gayo 2 yang ditanam petani. Satuan lahan ditetapkan sebagai tapak pengamatan bila ditemui Kopi Arabika Gayo 2 yang akan

diteliti dijumpai pada berbagai kelas ketinggian tempat dan kelas kemiringan yang dijadikan sebagai tapak (site) pengamatan defenitif.

Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui serangkaian kerja untuk memperoleh data primer dan data sekunder. Pada survei utama telah diketahui berapa jumlah tapak (site) pengamatan defenitif. Pada tapak (site) pengamatan defenitif ini ditandai dan dicatat semua yang menyangkut penelitian ini.

Pada setiap tapak (site) pengamatan ditentukan titik-titik untuk pengamatan yang diperlukan dalam penelitian ini seperti tingkat pengelolaan yang dilakukan oleh petani terhadap tanaman kopi Arabika Gayo 2, sifat-sifat morfologi lahan, sifat-sifat fisika tanah dan sifat-sifat kimia tanah serta pengamatan terhadap potensi produksi, kualitas produksi yang berupa kualitas fisik biji kopi Arabika Gayo 2.

Pengamatan sifat – sifat morfologi tanah dilapangan dilakukan terhadap penampang profil tanah. Data morfologi tanah yang diamati meliputi : data iklim, ketinggian tempat, kelerengan, warna tanah, kedalaman efektif tanah, tekstur lapang, pH lapang, batu permukaan tanah, bentuk lahan, varietas dan tingkat pengelolaan.

Untuk pengamatan sifat - sifat fisika dan kimia tanah, Contoh tanah tidak terganggu diambil dengan alat ring contoh tanah untuk analisis sifat-sifat fisika tanah. Contoh tanah terganggu diambil sekitar 1 kg untuk analisis sifat-sifat kimia tanah di Laboratorium. Analisis ini dilakukan dari setiap tapak pengamatan lokasi penelitian dari ketebalan 0 – 15 dan 15 – 30 cm.

Sifat-sifat kimia tanah dan fisika tanah yang dianalisis adalah : bobot isi, RPT, pori drainase, pori air tersedia, kadar air, permeabilitas, tekstur 3 fraksi, pH H₂O, pH KCl, C-organik, kapasitas tukar kation, kation dapat dipertukarkan, N-total, P-tersedia, P-total dan stabilitas agregat.

Sifat fisika dan kimia tanah dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Adapun sifat fisika dan kimia yang dianalisis sesuai dengan karakteristik tanah yang diperlukan untuk evaluasi kesesuaian lahan tanaman kopi. Peubah yang dianalisis disesuaikan dengan

kebutuhan klasifikasi kesesuaian lahan kopi Arabika modifikasi Karim (1993).

Pengumpulan Data Produksi dan Komponen Produksi

Untuk pengamatan potensi produksi dan kualitas produksi yang berupa kualitas fisik (size) biji kopi Arabika Gayo 2, pada setiap tapak (site) pengamatan ditetapkan sebanyak 10 batang kopi Arabika Gayo 2 yang dipilih secara random. Setiap batang kopi Arabika Gayo 2 yang telah dipilih dilakukan taksasi produksi dengan cara menghitung jumlah semua buah kopi masing – masing batang dan jumlah buah kopi per kg gelondong merah atau buah kopi yang sudah tua, kemudian jumlah buah kopi perbatang yang telah dihitung tadi dibagi dengan jumlah buah kopi gelondong merah per kg dan dikali kan dengan satu kilogram.

$$\begin{aligned} & \text{Total produksi/batang} \\ &= \frac{\text{Jumlah buah kopi per batang}}{\text{Jumlah buah per kilogram}} \times 1\text{kg} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus diatas maka akan diketahui jumlah produksi per batang untuk satu kali musim panen, sehingga total produksi untuk satu hektar lahan dapat diperkirakan pada masing-masing titik pengamatan. Dalam penelitian ini varietas yang akan di uji adalah kopi Arabika Varietas Gayo 2.

Untuk kebutuhan analisis mutu fisik, contoh buah gelondong merah diambil sebanyak 10 kg pada masing-masing titik pengamatan. Kemudian buah gelondong merah yang telah dikumpulkan tersebut diproses melalui tahapan-tahapan berikut :

1. Gelondong merah buah kopi sebanyak 10 kg tersebut di masukkan ke dalam ember yang telah diisi air untuk melihat persentase buah terapung,
2. Semua gelondong merah buah kopi tersebut (10 kg) dikupas dan selanjutnya kulit merah dikeringkan dan ditimbang. Setelah dikupas kulit merahnya, biji (gabah) difermentasi satu malam. Setelah difermentasi dicuci dan dikering anginkan dan ditimbang. Dari proses ini diperoleh rasio gabah dengan gelondong merah.
3. Gabah yang telah dikering anginkan dan ditimbang tersebut dikupas kembali, sehingga diperoleh biji, lalu dikeringkan hingga mencapai kadar air 12 – 14%, lalu

ditimbang. Dari data ini diperoleh rasio biji kopi dengan gabah dan biji kopi dengan gelondong merah.

4. Dari 200 g biji kering tersebut dilakukan berbagai perhitungan sbb :
 - a) Sortasi dengan alat screen untuk melihat persentase grade 1, 2, 3, dan 4,
 - b) Persentase biji : biji bentuk segitiga, biji bentuk kuping gajah , bentuk bulat dan bentuk normal.

Pengolahan Data dan Penyajian Hasil

Untuk membuktikan sejauh mana kebenaran hipotesis yang diajukan dan tercapainya tujuan penelitian, maka karakteristik lahan yang diukur dari setiap satuan lahan pengamatan yang terbentuk dibandingkan (matching) dengan kriteria kesesuaian lahan kopi Arabika modifikasi Karim (1993) metode faktor pembatas.

Untuk menetapkan karakteristik lahan yang menentukan kualitas fisik (size) biji kopi Arabika Gayo 2 atau untuk tercapainya tujuan 2 dalam penelitian ini maka dilakukan analisis korelasi dan dilanjutkan dengan analisis regresi linier berganda untuk melihat pengaruh dari beberapa variabel.

Hasil Klasifikasi kesesuaian lahan yang diperoleh dari kriteria kesesuaian lahan kopi Arabika modifikasi Karim (1993) metode faktor pembatas dan analisis korelasi dan regresi yang sejalan dengan produksi dan kualitas fisik biji kopi Arabika Gayo 2 ditetapkan sebagai lahan yang sesuai untuk pengembangan kopi Arabika Gayo 2 di Dataran Tinggi Gayo.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi dan Penilaian Lahan

Penelitian ini mencakup 20 tapak pengamatan pada kebun kopi rakyat varietas Arabika Gayo 2, pada empat kelas ketinggian tempat dan lima kelas lereng. Komponen yang digunakan untuk membentuk kelas kesesuaian lahan kopi Arabika Gayo 2 adalah karakteristik iklim dan kriteria sifat kimia tanah. Karakteristik iklim terdiri dari empat peubah,

yaitu rata-rata suhu tahunan, bulan kering, kelembaban dan curah hujan. Keempat peubah ini berkaitan satu sama lain untuk suatu ketinggian tempat di atas permukaan laut. Sedangkan kriteria sifat kimia tanah diperhitungkan dari masing-masing kelas lereng pada setiap ketinggian tempat.

Morfologi Lahan

Morfologi lahan di ketinggian tempat E1 = > 1.000 m dpl warna tanah berkisar dari coklat amat gelap (7,5 YR 2/2) hingga coklat tua kekuning-kuningan (10 YR 5/6), E2 = 1.000 – 1.200 m dpl warna tanah coklat kemerah-merahan gelap (10 R 3/2) hingga orange kemerah-merahan (10 R 6/6), E3 = 1.200 – 1.400 m dpl warna tanah hitam kecoklat-coklatan (7,5 YR 3/1) hingga coklat (7,5 YR 4/4), E4 = > 1.400 m dpl warna tanah orange kemerah-merahan (10 R 6/6) hingga coklat amat gelap (10 R 3/2). Dari hasil pengamatan dilokasi penelitian, hampir secara keseluruhan tapak pengamatan memiliki warna tanah gelap pada horizon permukaan, hanya pada ketinggian > 1.400 m dpl yang memiliki warna terang pada horizon permukaannya, sedangkan horizon bagian bawah berwarna lebih gelap dari horizon di atasnya (Tabel 1).

Warna gelap pada horizon permukaan disebabkan kandungan C-organik tinggi dan menurun semakin ke bawah. Sedangkan Pada ketinggian > 1.400 m dpl warna gelap pada horizon bagian bawah merupakan horizon yang tertimbun.

Sifat Fisika Tanah

Kelas tekstur di lokasi penelitian hampir secara keseluruhan didominasi oleh kelas lempung berpasir, lempung berdebu dan lempung berliat, hanya pada tapak pengamatan E1S4, E2S5 dan E3S1 yang memiliki variasi yang berbeda yaitu lempung liat berdebu, lempung liat berpasir dan liat (Tabel 1). hal ini berarti bahwa kelas tekstur pada lokasi penelitian tergolong kedalam kelompok tanah bertekstur halus sampai agak kasar (liat sampai lempung berpasir)

Tabel 1. Morfologi dan Sifat Fisika Tanah Kopi Arabika Gayo 2 Lokasi Penelitian di Dataran Tinggi Gayo

Kode Tapak Pengamatan	Lokasi Penelitian	Warna Tanah	Kedalaman Efektif (cm)	Tekstur (%)			Kelas Tekstur	Bobot Isi (gr cm ³)
				Pasir	Debu	Liat		
E1S1	Cekal	7,5 YR 2/2	130	68	21	11	lp	0,98
E1S2	Simpang Layang	10 YR 5/6	120	31	53	16	ld	0,89
E1S3	Datu Beru	10 YR 3/3	116	22	44	34	lli	0,91
E1S4	Simpur Batu	7,5 R 2/1	110	12	56	31	llid	0,85
E1S5	Syiah Utama	10 YR 5/8	90	74	19	8	lp	0,87
E2S1	Lampahan	10 YR 3/4	120	40	30	30	lli	0,88
E2S2	Bumi Ayu	10 R 3/2	110	73	20	7	lp	0,86
E2S3	Timang Gajah	10 YR 5/6	100	36	58	6,4	ld	0,83
E2S4	Simpang Layang	10 YR 4/6	85	33	50	17	ld	0,87
E2S5	Panji Mulia I	7,5 YR 4/4	80	60	15	25	llip	0,90
E3S1	Darul Aman	10 YR 3/2	120	30	25	45	li	0,95
E3S2	Paya Baning	10 R 6/6	110	36	32	32	lli	0,91
E3S3	Wonosari	10 YR 2/2	110	48	45	7	lp	0,90
E3S4	Desa Baru	10 YR 3/2	100	32	64	14	ld	0,98
E3S5	Desa Baru	10 YR 4/6	105	65	25	10	lp	0,86
E4S1	Wih Tenang Uken	10 YR 3/4	130	56	32	13	lp	0,99
E4S2	Batin	10 R 3/2	120	51	43	6	lp	0,98
E4S3	Bener Pepanyi	10 YR 2/2	110	11	63	25	ld	0,87
E4S4	Bukit	10 YR 4/6	110	64	24	12	lp	0,96
E4S5	Panji Mulia II	10 YR 3/4	120	64	24	12	lp	0,95

Keterangan :

l = Lempung lli = Lempung Berliat ld = Lempung Berdebu lp = Lempung Berpasir llip = Lempung Liat Berpasir llid = Lempung Liat Berdebu

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa kedalaman efektif tanah di lokasi penelitian berkisar antara 80 – 130 cm, namun hampir semua tapak pengamatan memiliki kedalaman efektif tanah > 100 cm. Dari hasil pemboran tanah di lokasi penelitian pada setiap tapak pengamatan tidak ditemui lapisan padas dan batuan yang menghambat perkembangan perakaran tanaman. Demikian juga halnya dengan drainase, semua tapak pengamatan tergolong baik.

Sifat fisik tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman. Sifat-sifat fisik tanah yang menentukan penetrasi akar tekstur, kedalaman efektif tanah, dan drainase (Hakim *et al.*, 1986).

Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis sifat kimia tanah pada setiap tapak pengamatan menunjukkan reaksi pH H₂O tanah berkisar antara 5,00 – 6,48 pada bagian *top soil* tanah dan pada bagian *sub soil* tanah

pH H₂O berkisar antara 5,02 – 6,50. Kemasaman tanah (pH) dapat dijadikan tolak ukur ketersediaan hara dan tingkat aktifitas mikroorganisme serta keracunan unsur hara tertentu bagi tanaman.

Dari Tabel 2 dan 3, dapat juga dilihat bahwa reaksi pH KCl tanah berkisar antara 4,02 – 5,80 pada *top soil* tanah dan 4,04 – 6,10 pada bagian *sub soil* tanah, nilai reaksi ini terlihat jelas lebih rendah jika kita bandingkan dengan nilai reaksi pH H₂O. Dari kedua nilai pH tersebut dapat diketahui selisih antara pH KCl dan pH H₂O atau yang lazim disebut dengan ΔpH. Nilai ΔpH untuk semua tapak pengamatan pada *top soil* tanah adalah -1,80 – 0,20, dimana hampir secara keseluruhan tapak pengamatan pada bagian *top soil* tanah memiliki nilai ΔpH negatif dan hanya pada tapak pengamatan E2S5 yang memiliki nilai ΔpH positif. Hal ini menunjukkan bahwa pada tapak pengamatan yang memiliki nilai ΔpH negatif tanahnya memiliki kompleks pertukaran negatif bersih

dan pada tapak pengamatan E2S5 tanahnya memiliki kompleks pertukaran positif bersih.

Dari hasil analisis yang ditunjukkan oleh Tabel 2 dan 3, pH tanah yang berkategori agak masam hampir mendominasi seluruh tapak pengamatan sedangkan sebagian dari tapak pengamatan lainnya memiliki kriteria masam. Pada tanah-tanah masam biasanya tanaman mengalami kekurangan unsur P (karena fiksasi) dan mikro, seperti Zn, B, dan Mo (Setijono, 1996). Hal ini disebabkan karena tanah sudah miskin unsur hara mikro yang dikandung dalam mineral mudah lapuk. Demikian juga Winarso (2005) menyatakan bahwa kemasaman pH tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu meliputi bahan induk tanah, pengendapan, vegetasi alami, pertumbuhan tanaman, kedalaman tanah dan pupuk Nitrogen.

Tabel 2 dan 3 juga menunjukkan hasil analisis tanah pada setiap tapak pengamatan memiliki nilai C-organik yang sangat bervariasi dari kriteria rendah sampai pada kriteria sangat tinggi. Dari data tersebut dapat kita lihat bahwa kadar C-organik tertinggi dijumpai pada tapak pengamatan E1S3 pada lapisan top soil tanah dengan nilai kandungan sebesar 8,75 %.

Klasifikasi Kriteria Kesesuaian

Kesesuaian lahan tanaman kopi Arabika Gayo 2 dinilai berdasarkan karakteristik lahan. Setelah semua karakteristik lahan dinilai lalu dibandingkan dengan kriteria atau persyaratan tumbuh tanaman kopi Arabika berdasarkan kriteria modifikasi Karim (1993) metode faktor pembatas, sehingga diperoleh kelas kesesuaian lahan aktual, faktor pembatas, perbaikan faktor pembatas, kesesuaian lahan potensial, dan produksi masing-masing ketinggian tempat satuan pengamatan lokasi penelitian (Tabel 4).

Kesesuaian Lahan Aktual

Hasil Penilaian kesesuaian lahan pada masing-masing tapak pengamatan dilokasi penelitian (Tabel 4) hampir secara keseluruhan tapak pengamatan mempunyai kelas kesesuaian lahan aktual S3 (sesuai marginal) yaitu pada tapak pengamatan E1S1, E1S2, E1S3, E1S4, E1S5, E2S1, E2S4, E2S5, E3S4, E3S5, E4S4 dan E4S5 dengan faktor pembatas ketinggian tempat, lereng dan sifat kimia tanah, sedangkan

sebagian tapak pengamatan lagi didominasi oleh kelas kesesuaian lahan S2 (cukup sesuai) yaitu pada tapak pengamatan E2S2, E2S3, E3S1, E3S2, E3S3, E4S1, E4S2, E4S3 dan E4S5 dengan faktor pembatas lereng, sifat fisika dan sifat kimia tanah.

Secara aktual, faktor pembatas yang paling dominan adalah rendahnya kandungan P-tersedia, walaupun P-total tinggi tetapi karena erapan P sangat tinggi, maka P-tersedia tetap dalam harkat sangat rendah (Karim, 1998). Selain pembatas P-tersedia juga ditemukan pembatas K-dd rendah, lereng curam dan ketinggian tempat yang tidak optimum untuk kopi Arabika.

Kesesuaian Lahan Potensial

Hasil penelitian pada Tabel 5 menunjukkan sub-kelas pada tapak pengamatan E1S1 dan E1S2 pada kondisi aktual termasuk S3t, dalam hal ini tidak ada usaha perbaikan yang dapat dilakukan karena ketinggian tempat tidak dapat diperbaiki, sehingga kelas kesesuaian lahan potensial tetap berada pada kondisi S3t. Sedangkan Pada tapak pengamatan E1S3 dan E1S5 kondisi aktual menunjukkan kelas kesesuaian lahan S3ts, usaha perbaikan dapat dilakukan dengan cara pembenaran terasering, sehingga kelas berubah dari S3 menjadi S1, tetapi faktor pembatas ketinggian tempat tidak dapat diperbaiki dan tetap berada pada kelas S3, sehingga kelas kesesuaian lahan potensial menjadi kelas S3t. Demikian juga halnya dengan tapak pengamatan E1S4 yang memiliki kelas kesesuaian lahan S3 dengan faktor pembatas ketinggian tempat, lereng dan sifat kimia tanah, hanya dapat dilakukan perbaikan kelas pada faktor pembatas lereng dan kimia tanah dengan cara pemberian pupuk organik dan terasering namun karena ketinggian tempat tidak dapat diperbaiki kelas kesesuaian lahan masih tetap berada pada kelas S3 dengan faktor pembatas ketinggian tempat.

Tabel 5, rata-rata produksi kopi tertinggi diperoleh pada tapak pengamatan E4S1 dengan kelas kesesuaian lahan potensial S2tr yaitu 1.889,54 kg/ha/th. Produksi terendah berada pada tapak pengamatan E1S3 yang memiliki kelas kesesuaian lahan potensial S3t yaitu 922,66 kg/ha/th. Secara keseluruhan produksi tertinggi didominasi oleh kelas kesesuaian

lahan potensial S2 (cukup sesuai) dengan rata-rata jumlah produksi 1.330,97 kg/ha/th. Produksi pada kelas kesesuaian lahan potensial S3 hanya memiliki rata-rata sebesar 930,32 kg/ha/th. Kondisi ini menunjukkan perbedaan kelas kesesuaian lahan potensial sejalan dengan perbedaan produksi yang dihasilkan.

Langkah selanjutnya perlu dilacak karakteristik lahan yang mana dari kriteria klasifikasi kesesuaian lahan tersebut yang sangat menentukan tinggi rendahnya produksi kopi Arabika Gayo 2. Untuk itu dilakukan uji korelasi antara karakteristik lahan dengan produksi kopi Arabika Gayo 2.

Korelasi antara Karakteristik Lahan dan Produksi Kopi Arabika Gayo 2

Analisis korelasi menunjukkan produksi kopi Arabika Gayo 2 berkorelasi sangat nyata positif dengan ketinggian tempat, kedalaman efektif, H dapat dipertukarkan dan kadar air pF 0; 2,0; 2,54 dan 4,20, serta bobot isi. Terjadi korelasi nyata negative dengan lereng. Berdasarkan hasil analisis korelasi antar karakteristik lahan terlihat bahwa ketinggian tempat dan lereng dapat menjelaskan hampir semua karakteristik lahan. Hal ini terlihat dari besarnya nilai koefisien korelasi antara ketinggian tempat dan lereng dengan karakteristik lahan. Jumlah gelondong merah berkorelasi sangat nyata positif dengan suhu, hal ini erat kaitannya dengan ketinggian tempat yang menggambarkan karakteristik iklim.

Suhu juga berpengaruh terhadap laju dekomposisi bahan organik, sehingga menentukan ketersediaan hara. Persentase biji segitiga dan biji grade 3 berkorelasi nyata positif dengan kemiringan lereng, hal ini juga berkaitan dengan karakteristik lahan yang digambarkan oleh lereng. Semakin curam lereng maka semakin kecil komponen penentu kesuburan tanah. (Walker, Hall, dan Prozt dalam Karim, 1999) mencoba mengamati hubungan nitrogen pada tanah tererosi yang berhubungan dengan panjang lereng, ternyata tanah akan semakin tipis dengan semakin curamnya lereng, sehingga kandungan N dan unsur hara lainnya semakin sedikit.

Hubungan antara ketinggian tempat dengan produksi kopi Arabika Gayo 2, jumlah gelondong merah per kilogram, persentase buah terserang hama dan penyakit dan persentase buah terapung, disajikan pada Gambar 1.

Jika diperhatikan koefisien regresi dari variabel bebas pada Gambar 1 maka semakin tinggi tempat akan berpengaruh terhadap peningkatan jumlah produksi kopi Arabika Gayo 2 sebesar 1,356 satuan, demikian pula dengan gelondong merah yang terus mengalami peningkatan sebesar 0,202 satuan seiring dengan semakin tingginya tempat penanaman. Sedangkan persentase buah terapung dan buah terserang hama semakin berkurang. Rendahnya persentase buah terapung dan buah terserang hama di perkirakan karena berkurangnya serangan hama bubuk buah dan tidak ditemukan tanaman terserang penyakit karat daun (*Hemelia vastatrix*).

Hubungan antara lereng dengan produksi kopi Arabika Gayo 2, jumlah gelondong merah per kg, persentase buah terserang hama dan penyakit dan persentase buah terapung dapat dilihat pada Gambar 2

Gambar 2a menunjukkan, semakin curam lereng semakin rendah produksi kopi Arabika Gayo 2. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa produksi kopi Arabika Gayo 2 tertinggi pada lereng datar 0 – 8 %. Tingginya produksi pada lereng tersebut erat kaitannya dengan kondisi ketersediaan unsur hara didalam tanah. Unsur hara yang dimaksud adalah C-organik, Al-dd, P-tersedia, pH dan N-total.

Peningkatan jumlah gelondong merah tidak berpengaruh nyata dengan kelerengan, hal ini disebabkan karena setiap lereng yang diamati memiliki variasi ketinggian tempat yang berbeda (Gambar 2d), sedangkan persentase buah terserang hama penyakit terus meningkat seiring dengan perubahan kemiringan lereng yang semakin curam (Gambar 2b).

Gambar 2c menunjukkan bahwa semakin curam lereng maka semakin tinggi persentase buah terapung, hal ini dapat dipahami karena semakin curam lereng semakin rendah unsur hara tanah, rendahnya kandungan hara tanah berakibat terjadinya pengisian biji yang tidak sempurna

Analisis Mutu Fisik Biji Kopi

Mutu fisik biji kopi yang diamati adalah jumlah buah perkilogram gelondong merah, biji normal, biji bulat, biji segitiga, biji kuping gajah, dan grade biji, yaitu 1,2,3 dan 4

Tabel 2. Parameter Kimia Tanah pada Topsoil Masing-Masing Tapak Pengamatan

Kode Tapak Pengamatan		pH (1 : 2,5)		C-Organik	N-Total	P-Tersedia	K	Ca	Mg	KTK
		H2O	KCl	(%)	(%)	(ppm)	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g
E1S1	Top Soil	5,85 AS	4,60 M	2,75 S	0,43 S	5,92 SR	0,34 S	6,18 S	0,88 R	23,60 S
E1S2	Top Soil	5,62 AM	4,70 M	2,35 S	0,42 S	23,00 S	0,80 T	5,50 R	0,40 SR	9,40 R
E1S3	Top Soil	5,61 AM	4,80 M	2,21 S	0,65 T	18,50 S	tt	0,32 SR	tt	58,84 ST
E1S4	Top Soil	5,00 M	4,90 M	2,34 S	0,65 T	12,06 R	0,20 R	tt	1,60 S	52,80 ST
E1S5	Top Soil	5,92 AM	5,20 M	2,15 S	0,44 S	15,22 S	tt	0,38 SR	1,76 S	48,40 ST
E2S1	Top Soil	5,74 AM	4,73 M	1,74 R	0,22 S	20,87 S	0,22 R	6,66 S	1,12 S	14,00 R
E2S2	Top Soil	5,14 M	5,59 AM	2,42 S	0,36 S	12,56 R	0,53 S	10,42 S	2,55 T	45,34 ST
E2S3	Top Soil	5,37 M	5,78 AM	2,98 S	0,34 S	16,00 S	0,30 S	28,70ST	1,90 S	57,56 ST
E2S4	Top Soil	5,24 M	5,82 AM	2,85 S	0,28 S	6,10 SR	2,90 ST	22,60ST	1,80 S	50,78 ST
E2S5	Top Soil	5,83 AM	5,21 M	2,92 S	0,36 S	2,92 SR	0,52 S	10,24 T	0,16 SR	21,49 S
E3S1	Top Soil	5,65 AM	4,55 AM	2,07 S	0,27 S	22,92 S	0,27 R	5,88 S	0,68 R	27,60 T
E3S2	Top Soil	5,14 M	4,02 M	1,14 R	0,21 S	3,58 SR	0,21 R	6,68 S	1,14 S	22,00 S
E3S3	Top Soil	5,48 M	5,31 M	2,42 S	0,35 S	10,55 R	tt	16,70 T	tt	38,60 T
E3S4	Top Soil	5,40 M	4,80 M	2,36 S	0,52 T	11,20 R	0,24 R	3,35 R	8,20 ST	28,80 T
E3S5	Top Soil	5,72 AM	5,32 M	2,32 S	0,28 S	8,50 SR	tt	12,44 T	0,64 R	34,50 T
E4S1	Top Soil	5,24 M	4,06 M	2,38 S	0,14 R	22,19 S	0,32 S	6,64 S	1,10 S	24,00 S
E4S2	Top Soil	5,32 M	4,21 M	2,52 S	0,35 S	13,45 R	0,35 S	6,55 S	0,92 R	19,20 S
E4S3	Top Soil	5,71 AM	5,37 M	2,86 S	0,12 R	5,83 SR	0,90 T	14,46 T	0,42 R	26,54 T
E4S4	Top Soil	5,00 M	5,37 M	1,85 R	0,43 S	8,70 SR	tt	16,80 T	1,50 S	44,50 ST
E4S5	Top Soil	5,14 M	4,80 M	3,52 T	0,48 S	8,60 SR	tt	6,00 S	0,12 SR	70,80 ST

Sumber : Hasil analisis tanah di laboratorium tanah dan tanaman Fakultas Pertanian (data diolah)

Keterangan : T = tinggi, S = sedang, R = rendah, SR = sangat rendah, M = masam, AM = agak masam, tt = tidak terukur.

Tabel 3. Parameter Kimia Tanah pada Subsoil Masing-Masing Tapak Pengamatan

Kode Tapak Pengamatan		pH (1 : 2,5)		C-Organik (%)	N-Total (%)	P-Tersedia (ppm)	K me/100g	Ca me/100g	Mg me/100g	KTK me/100g
		H2O	KCl							
E1S1	Subsoil	5,34 M	4,04 M	1,18 R	0,18 R	5,74 SR	0,18 R	6,14 S	0,82 R	10,00 R
E1S2	Subsoil	5,40 M	5,90 AM	2,28 S	0,37 S	25,00 S	0,30 S	5,00 R	0,40 SR	10,60 R
E1S3	Subsoil	5,23 M	5,40 M	1,80 R	0,15 R	12,76 R	tt	0,48 SR	tt	28,60 T
E1S4	Subsoil	4,70 M	4,30 M	2,22 S	0,36 S	4,88 SR	0,30 S	tt	0,20 SR	59,40 ST
E1S5	Subsoil	5,81 AM	5,12 M	1,56 R	0,04 SR	9,80 SR	tt	4,10 R	0,10 SR	21,25 S
E2S1	Subsoil	5,62 AM	4,52 M	1,07 R	0,20 R	22,94 S	0,20 R	7,65 S	1,16 S	10,00 R
E2S2	Subsoil	5,02 M	5,50 M	1,89 R	0,13 R	6,12 SR	0,14 R	7,85 S	0,06 SR	21,45 S
E2S3	Subsoil	5,12 M	5,43 M	1,20 R	0,02 SR	14,00 R	0,10 SR	64,90ST	1,90 S	44,12 ST
E2S4	Subsoil	5,00 M	5,75 AM	1,87 R	0,17 R	5,89 SR	1,00 ST	9,40 S	0,10 SR	45,09 ST
E2S5	Subsoil	5,65 AM	5,04 M	2,71 S	0,09 SR	1,84 SR	0,43 S	2,20 R	1,00 R	13,17 R
E3S1	Subsoil	5,15 M	5,50 M	1,04 R	0,17 R	1,13 SR	0,17 R	5,60 S	0,62 R	25,20 T
E3S2	Subsoil	5,14 M	4,67 M	2,14 S	0,26 S	2,63 SR	0,26 R	5,14 R	0,66 R	28,80 T
E3S3	Subsoil	6,21 AM	5,92 AM	2,02 S	0,18 R	6,45 SR	tt	7,70 S	tt	19,50 S
E3S4	Subsoil	5,80 AM	5,24 M	2,27 S	0,30 S	6,70 SR	0,10 SR	1,65 SR	7,80 T	21,90 S
E3S5	Subsoil	5,48 M	5,24 M	2,08 S	0,24 S	7,60 SR	tt	11,78 T	0,18 SR	42,42 ST
E4S1	Subsoil	5,57 AM	4,08 M	2,07 S	0,28 S	2,33 SR	0,28 R	6,08 S	0,78 R	29,60 T
E4S2	Subsoil	5,23 M	4,37 M	2,10 S	0,30 S	16,78 R	0,30 S	6,12 S	0,80 R	18,40 S
E4S3	Subsoil	5,90 AM	5,04 M	2,27 S	0,22 S	2,87 SR	0,43 S	3,04 R	3,20 T	13,21 R
E4S4	Subsoil	5,60 AM	5,26 M	1,53 R	0,09 R	2,60 SR	tt	8,22 S	0,10 SR	39,70 ST
E4S5	Subsoil	5,32 M	5,20 M	1,88 R	0,24 S	4,50 SR	tt	1,20 SR	0,06 SR	66,20 ST

Sumber : Hasil analisis tanah di laboratorium tanah dan tanaman Fakultas Pertanian (data diolah)

Keterangan : T = tinggi, S = sedang, R = rendah, SR = sangat rendah, M = masam, AM = agak masam, tt = tidak terukur.

Tabel 5. Klasifikasi Kriteria Kesesuaian Lahan Aktual dan dengan produksi kopi di Dataran Tinggi Gayo

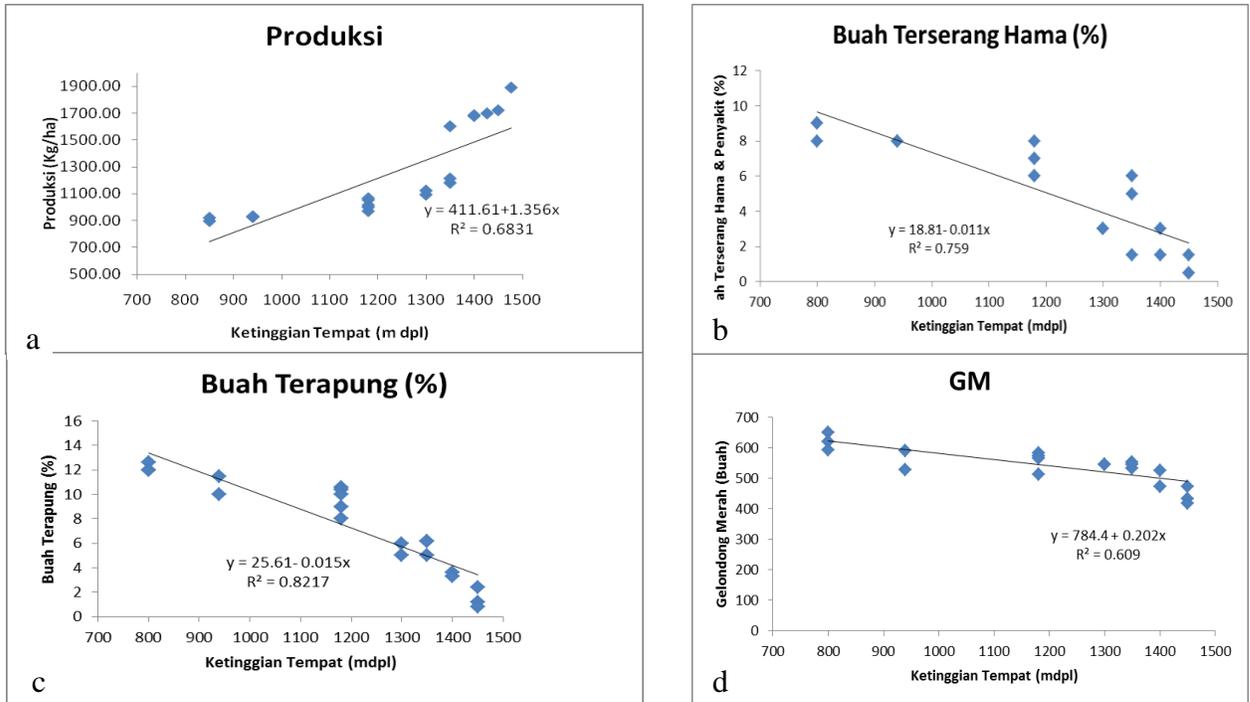
Tapak Pengamatan	Kelas Kesesuaian Lahan Aktual	Usaha Perbaikan	Kelas Kesesuaian Lahan Potensial	Produksi (Kg/ha/th)
E ₁ S ₁	S3t	-	S3t	971.94
E ₁ S ₂	S3t	-	S3t	930.87
E ₁ S ₃	S3ts	+	S3t	922.66
E ₁ S ₄	S3tsn	+, PO+	S3t	928.1
E ₁ S ₅	S3ts	+	S3t	898.02
E ₂ S ₁	S3n	PO+	S2r	1182.11
E ₂ S ₂	S2srn	+, PO+, ++	S2r	1056.17
E ₂ S ₃	S2srn	+, PO+, ++	S2r	1067.62
E ₂ S ₄	S3s	+	S2r	1001.79
E ₂ S ₅	S3s	+	S2r	933.09
E ₃ S ₁	S2rn	PO+	S2r	1214.58
E ₃ S ₂	S2rn	PO+	S2r	1602.41
E ₃ S ₃	S2sr	+	S2r	1124.39
E ₃ S ₄	S3s	+	S2r	1094.33
E ₃ S ₅	S3s	+	S2r	1016.16
E ₄ S ₁	S2trn	PO+	S2tr	1889.54
E ₄ S ₂	S2tsn	+, PO+	S2t	1720.92
E ₄ S ₃	S2tsr	+	S2tr	1698.04
E ₄ S ₄	S3s	+	S2tr	1684.97
E ₄ S ₅	S3sr	+	S2tr	1678.43

Keterangan : 1. Faktor Pembatas; t = Ketinggian tempat (elevasi), s = lereng (slope), n = Sifat Kimia tanah 0-30 cm, r = Sifat Fisika Tanah. Perbaikan Faktor Pembatas : PO+ = Pemberian Pupuk Organik, + = Pembuatan Terasering, ++ = Pengapuran, dan = Tidak dapat dilakukan perbaikan

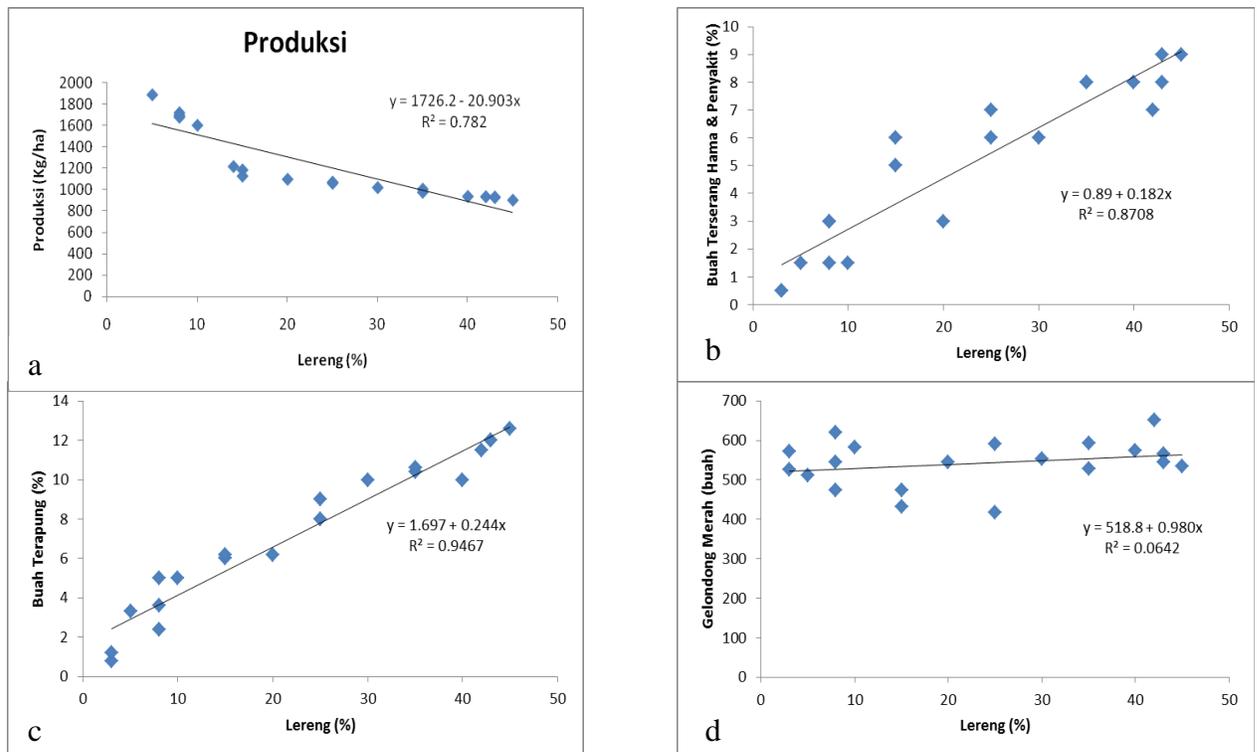
Mutu fisik biji kopi Arabika Gayo 2 ditunjukkan oleh grade, yaitu grade 1, 2, 3 dan 4. Grade 1 ukuran biji kopi lebih besar dibandingkan dengan grade 2, 3 dan 4. Grade biji kopi ditentukan dengan ukuran mesh, yaitu lolos mesh 6,5 mm, 6,0 mm, 5,0 mm dan 3,5 mm. Persentase biji grade 1 kopi Arabika Gayo 2 yang tertinggi dijumpai pada ketinggian tempat > 1.400 dan lereng 0-8 persen, diikuti oleh ketinggian tempat 1200 – 1400 mdpl pada

kelerengan yang sama. Pola ini tidak jauh berbeda bila dibandingkan dengan biji grade 2, 3 dan 4.

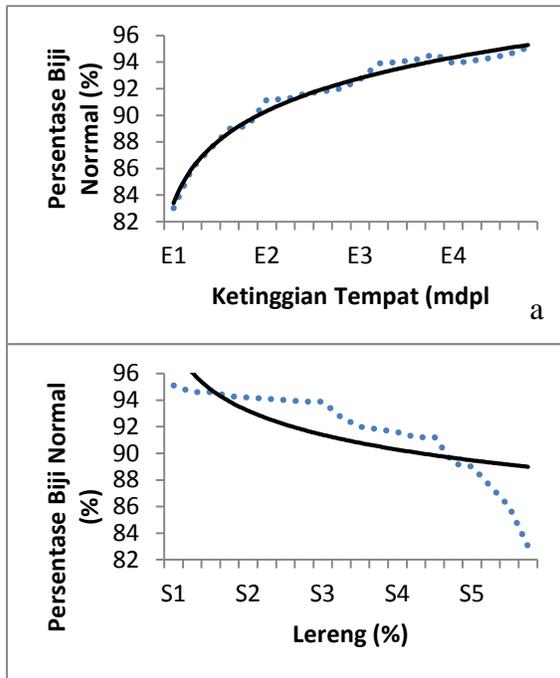
Bila dihubungkan dengan ketinggian tempat persentase mutu fisik biji normal cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya ketinggian tempat dan jika dibandingkan dengan kelas lereng maka persentase biji normal akan terus menurun dengan meningkatnya kelas lereng (Gambar 3a dan 3b).



Gambar 1. Hubungan antara ketinggian tempat dengan ; a. produksi kopi Arabika Gayo 2; b. persentase buah terserang hama dan penyakit ; c. persentase buah terapung dan d. jumlah gelondong merah lokasi penelitian di Dataran Tinggi Gayo



Gambar 2. Hubungan antara Kelerengan dengan ; a. produksi kopi Arabika Gayo 2; b. persentase buah terserang hama dan penyakit ; c. persentase buah terapung dan d. jumlah gelondong merah lokasi penelitian di Dataran Tinggi Gayo



Gambar 3. Hubungan Mutu Fisik Biji Normal Kopi Arabika Gayo 2 dengan : a.) Ketinggian tempat dan b.) Kelerengan Lokasi Penelitian di Dataran Tinggi Gayo

Keterangan :

E1 = Ketinggian tempat < 1.000 mdpl; E2 = Ketinggian tempat 1.000 – 1.200 mdpl; E3 = Ketinggian tempat 1.200 – 1.400 mdpl; E4 = Ketinggian tempat > 1.400 mdpl; S1 = Lereng 0-8%; S2 = Lereng 8-15%; S3 = Lereng 15-35%; S4 = Lereng > 40%

SIMPULAN

Kelas kesesuaian lahan aktual seluruh satuan pengamatan adalah kelas S3 dan S2 dengan pembatas ketinggian tempat, lereng, sifat kimia tanah (C-organik, K-dd, KTK, N-total dan pH) dan sifat fisika tanah (batu permukaan, kedalaman efektif dan tekstur). Sedangkan kelas kesesuaian lahan potensial terdiri dari kelas S2 dengan faktor pembatas ketinggian tempat, batu permukaan, kedalaman efektif, tekstur dan K-dd serta kelas S3 dengan faktor pembatas ketinggian tempat. Produksi dan mutu fisik biji kopi Arabika Gayo 2 tertinggi diperoleh pada ketinggian tempat > 1.400 mdpl dengan lereng 0 – 8 %.

Karakteristik lahan penentu tinggi rendahnya produksi kopi Arabika Gayo 2 di Dataran Tinggi Gayo adalah ketinggian tempat, lereng, kedalaman efektif, H-dd, bobot isi dan kadar air pF 0 sampai dengan 4,20 %. Peubah kualitas fisik biji kopi Arabika Gayo 2 yang berhubungan erat dengan ketinggian tempat adalah bentuk biji normal dan biji *screen* tidak lolos saringan 6,50 mm.

Hasil korelasi antara karakteristik lahan dengan mutu fisik biji kopi Arabika Gayo 2 menunjukkan adanya korelasi sangat nyata positif antara fisik biji dengan ketinggian tempat, kedalaman efektif, H-dd dan bobot isi

DAFTAR PUSTAKA

- AEKI. 2007. Statistik Kopi 2005-2007. Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia, Jakarta, Desember 2007.
- APED. 2011. Kemitraan dalam Pengembangan Kopi. 3 Halaman. ([http : // www.aped-project.org / Forum Kopi / Mitra Kopi.php](http://www.aped-project.org/ForumKopi/MitraKopi.php)).
- Hakim, N. M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, S.G. Nugroho, M.S. Saul, M.A. Diha, Go Ban Hong dan H.H. Bailey. 1986. Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. Lampung.
- Karim, A. 1993. Evaluasi Kriteria Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Arabika Di Aceh Tengah. Tesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 110 p.
- Karim, A., Darusman, Hifnalisa, dan Khalid. 2009. Pelacakan Varietas Unggul Kopi Arabika yang Mempunyai Citarasa Unik dari Beberapa Ketinggian Tempat dan Cara Pengolahan di Dataran Tinggi Gayo. Laporan Hasil Penelitian Unggulan Daerah Kompetitif. Universitas Syiah Kuala (08/P4T-UNSYIAH/SP/VI/2009). Darussalam 17 Juni 2009.
- Leyder, R. A. 1980. A Soil Fertility Appraisal for Preliminary Fertilizer Recommendation in the Coffee Area. Proyek Kerjasama Indonesia – Belanda (IDAP/JTA-9a-21). 28 p.
- Mawardi, S., Yusianto, R. Hulupi, Khalid, dan A. Marsh. 2008. Evaluasi Citarasa Beberapa Varietas Kopi Arabika pada Ketinggian Tempat dan Cara Pengolahan yang Berbeda di Dataran Tinggi Gayo (NAD). Workshop Forum Kopi Aceh. Takengon, 25 Oktober 2008.

- SCAA. 2005. Trade Show and Convention in Seattle. 2 Halaman. (<http://www.scaa.org/page=SustainArtp>).
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy : A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys, 2nd Edition. Agriculture Handbook No. 436. Washington : United States Department of Agriculture.
- Suprpto. 2000. Berbagai Masukan untuk Meningkatkan Produktifitas Lahan Marginal. No. Seri 11/tanaman/2000.
- Sudjana. 2001. Metode Statistik, Tarsito, Bandung.
- Wibawa, A. 1996. Pengelolaan Bahan Organik di Perkebunan Kopi dan Kakao. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 12.
- Winarso, S. 2005. Kesuburan Tanah. Gava Media. Yogyakarta.
- Wiradisastra, U.S. 1989. Metodologi Evaluasi Lahan dalam Hubungan dengan Sistem Informasi BAKOSURTANAL, Yogyakarta.